OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 140.

EXPERIMENTAL-UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

ELEKTRICITÄT

VON

MICHAEL FARADAY.

XX. BIS XXIII. REIHE.



WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

.111C04 3 —

OSTWALD'S KLASSIKER
DER
EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

8. Gebunden.

Es sind bis jetzt erschienen aus den Gebieten der

Physik und Astronomie:

Nr. 1. **H. Helmholtz**, Über d. Erhaltung der Kraft. (1847.) 6. Tausend (60 S.) ℳ —.80.

» 2. **C. F. Gauss**, Allg. Lehrsätze in Beziehung auf d. im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte. (1840.) Herausg. v. A. Wangerin. Zweite Auflage. (60 S.) ℳ —.80.

» 7. **F. W. Bessel**, Länge d. einfachen Secundenpendels. (1826.) Herausg. von H. Bruns. Mit 2 Taf. (171 S.) ℳ 3.—.

» 10. **F. Neumann**, D. mathem. Gesetze d. inducirten elektrischen Ströme. (1845.) Herausg. v. C. Neumann. (96 S.) ℳ 1.50.

» 11. **Galileo Galilei**, Unterredungen u. mathem. Demonstrationen üb. zwei neue Wissenszweige etc. (1638.) 1. Tag m. 13 u. 2. Tag m. 26 Fig. im Text. Aus d. Italien. übers. u. herausg. v. A. v. Oettingen. (142 S.) ℳ 3.—.

» 12. **Kant's** Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels od. Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt. (1755.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (158 S.) ℳ 2.40.

» 13. **Coulomb**, 4 Abhdl. üb. d. Elektricität u. d. Magnetismus. (1785-1786.) Übers. u. herausg. v. W. König. Mit 14 Textfig. (88 S.) ℳ 1.80.

» 20. **Christiaan Huygens**, Abhandlung üb. d. Licht. (1678.) Herausg. von E. Lommel. 2. Auflage, durchgesehen und berichtigt von A. J. von Oettingen. Mit 75 Textfig. (115 S.) ℳ 2.—.

» 21. **W. Hittorf**, Über d. Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. Zweite, erweiterte Auflage. (115 S.) ℳ 1.60.

» 23. —— —— II. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (142 S.) ℳ 1.50.

» 24. **Galileo Galilei**, Unterredungen u. mathem. Demonstrationen über 2 neue Wissenszweige etc. (1638.) 3. u. 4. Tag. mit 90 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (141 S.) ℳ 2.—.

» 25. **Galileo Galilei**, Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6 Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (66 S.) ℳ 1.20.

» 31. **Lambert's**. Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes [illegible] Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) ℳ 2.—

» 32. —— —— Zw[illegible] d V. Mit 32 Figuren im Text. (112[illegible]

Nr. 33. **Lambert's** Photometrie. Drittes Heft: Theil V und VI. Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. (172 S.) ℳ 2.50.

» 36. **F. Neumann**, Über ein allgemein. Princip der mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) ℳ 1.50.

» 37. **S. Carnot**, Betrachtungen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers und die zur Entwickelung dieser Kraft geeigneten Maschinen. (1824.) Übersetzt und herausgegeben von W. Ostwald. Mit 5 Figuren im Text. (72 S.) ℳ 1.20.

» 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace**, Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault.** (1802-1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) ℳ 3.—.

» 52. **Aloisius Galvani**, Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.

» 53. **C. F. Gauss**, Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) ℳ 1.—.

» 54. **J. H. Lambert**, Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) ℳ 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss**, Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgeg. v. A. Wangerin. Mit 2 Textfig. (102 S.) ℳ 1.60.

» 56. **Ch. Blagden**, Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunkts-erniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) ℳ —.80.

» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius**, Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) ℳ 2.40.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) ℳ 2.—.

» 61. **G. Green**, Ein Versuch, die mathematische Analysis auf die Theorieen der Elektricität und des Magnetismus anzuwenden. (Veröffentlicht 1828 in Nottingham.) Herausgegeben von A. v. Oettingen und A. Wangerin. (140 S.) ℳ 1.80.

» 63. **Hans Christian Oersted** und **Thomas Johann Seebeck**, Zur Entdeckung des Elektromagnetismus. (1820—1821.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 30 Textfiguren. (83 S.) ℳ 1.40.

» 69. **James Clerk Maxwell**, Über Faraday's Kraftlinien. (1855 u. 1856.) Herausgegeben von L. Boltzmann. (130 S.) ℳ 2.—.

» 70. **Th. J. Seebeck**, Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz. (1822—1823.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Mit 33 Textfiguren. (120 S.) ℳ 2.—.

» 76. **F. E. Neumann**, Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik. (1832.) Herausgegeben von A. Wangerin. (52 S.) ℳ —.80.

» 79. **H. Helmholtz**, 2 hydrodynamische Abhandlungen. I. Über Wirbelbewegungen. (1858.) — II. Über discontinuirliche Flüssigkeitsbewegungen. (1868.) Herausg. v. A. Wangerin. (80 S.) ℳ 1.20.

Experimental-Untersuchungen

über

Elektricität

von

Michael Faraday

(Aus den Phil. Trans. für 1846, 1849 u. 1850)

Herausgegeben

von

A. J. v. Oettingen

XX. bis XXIII. Reihe

Mit 11 Figuren im Text

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1903



9. Experimental-Untersuchungen über Elektricität

von

Michael Faraday.

Zwanzigste Reihe.[1])

(Philosoph. Transact. f. 1846. — Pogg. Ann. Bd. LXIX.)

XXVII. Ueber neue magnetische Wirkungen und über den magnetischen Zustand aller Substanzen*).

2243. Der Inhalt der letzten Reihe dieser Untersuchungen ist, glaube ich, hinreichend, um die Behauptung zu rechtfertigen, dass der Materie ein (für uns) neuer magnetischer

*) Mein Freund, Hr. *Wheatstone*, hat mich dieser Tage aufmerksam gemacht auf einen Aufsatz von Hrn. *Becquerel*: »Ueber die durch den Einfluss sehr kräftiger Magnete in allen Körpern erregten magnetischen Wirkungen,« gelesen in der Acad. d. Wissenschaften zu Paris am 17. Sept. 1827, und veröffentlicht in den Annal. de chim. et de phys. T. XXXVI, p. 337 (Auszugsweise auch in Pogg. Annalen, Bd. XII, S. 622). Er betrifft die Wirkung des Magnets auf eine Magnetnadel, auf weiches Eisen, Eisenoxyduloxyd, Eisenoxyd, und auf eine Holznadel. Der Verf. beobachtete und, wie er anführt, hatte es schon *Coulomb* beobachtet, dass eine Holznadel sich unter gewissen Bedingungen winkelrecht gegen die magnetischen Curven stelle; auch fand er die auffallende Thatsache, dass eine Holznadel sich den Windungen eines Galvanometers parallel stelle. Er bezieht jedoch diese Erscheinungen auf einen Magnetismus, der an Stärke geringer, doch im Charakter derselbe sei als der im Eisenoxyd, denn die Körper nehmen dieselbe Stellung an. Er giebt an, die Polarität des Stahls und Eisens sei nach der Länge der Substanz gerichtet, die des Eisenoxyds, des Holzes und Gummilacks aber meistens, und, bei Anwendung eines Magnetpoles immer, nach der Breite. »Diese Verschiedenheit, welche eine Grenz-

Zustand eingeprägt wird, wenn man sie der Wirkung magnetischer und elektrischer Kräfte unterwirft (2227); und dieser neue Zustand äussert sich durch die Wirkung, welche die Materie auf das Licht erlangt. Die nun zu beschreibenden Erscheinungen sind von ganz anderer Natur und erweisen einen uns zuvor unbekannten magnetischen Zustand, nicht nur der angeführten Substanzen, sondern auch vieler anderen (worunter eine grosse Zahl opaker und metallischer) und vielleicht aller, mit Ausnahme der magnetischen Metalle und deren Verbindungen; und auch diese versehen uns vermöge dieses Zustands mit den Mitteln, die Verknüpfung der magnetischen Erscheinungen, und vielleicht die Aufstellung einer auf einfachen Grundsätzen errichteten Theorie der allgemeinen magnetischen Action zu unternehmen.

2244. Die ganze Materie ist so neu, und die Erscheinungen sind so mannigfaltig und allgemein, dass ich, bei allem Wunsche mich kurz zu fassen, doch vieles beschreiben muss, was sich zuletzt unter einfache Principien bringen lassen wird. Beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntniss ist aber dies der einzige Weg, auf welchem ich diese Principien und ihre Resultate hinreichend klar machen kann.

1. Erforderlicher Apparat.

2245. Die zu beschreibenden Effecte erfordern einen magnetischen Apparat von grosser Kraft, deren man völlig Herr

---

linie zwischen den beiden Arten von Erscheinungen errichtet, rührt davon her, dass, da der Magnetismus im Eisenoxyd, Holz u. s. w. sehr schwach ist, die Reaction des Körpers auf sich selbst vernachlässigt werden kann, und deshalb die directe Einwirkung des Stabes dieselbe überwiegt.«

Da der Aufsatz die Erscheinungen beim Holz und Gummilack nicht auf eine elementare Repulsivwirkung bezieht, nicht zeigt, dass sie einer ungeheuren Klasse von Körpern angehören, auch diese Klasse, welche ich die diamagnetische genannt habe, nicht von der magnetischen unterscheidet; da sie ferner alle magnetische Wirkung nur als Einer Art betrachtet, während ich gezeigt, dass es deren zwei Arten giebt, so verschieden von einander als positive und negative elektrische Wirkung in ihrer Weise, — so glaube ich nicht nöthig zu haben, an dem, was ich geschrieben, ein Wort oder das Datum zu ändern. Mit Freuden spreche ich übrigens hier meine Anerkennung der wichtigen Arbeiten des Hrn. *Becquerel* über diesen Gegenstand aus. — M. F. Dec. 5, 1845. [Ich erinnere hier an *Seebeck*'s Aufsatz, der am 11. Juni 1827 in der Berliner Academie gelesen worden ist, S. Ann. Bd, X, S. 203. *P.*]

ist. Beides erlangt man durch den Gebrauch von Elektromagneten, deren Kraft sich weit über die von natürlichen oder Stahlmagneten steigern lässt; auch kann man ihnen ihre Kraft plötzlich ganz nehmen oder sie auf den höchsten Grad erheben, ohne dass man an den zum Versuche nöthigen Vorrichtungen irgend etwas zu ändern braucht.

2246. Einer der von mir gebrauchten Elektromagnete ist der, welchen ich unter dem Namen *Woolwich-Rolle* schon beschrieben habe (2192). Der dazu gehörige Kern von weichem Eisen hält 28 Zoll in Länge und 2,5 Zoll im Durchmesser. Wenn er durch 10 *Grove*'sche Platinpaare in Thätigkeit gesetzt wird, trägt jedes seiner Enden ein oder zwei Fünfzig-Pfundstücke. Er kann vertical und horizontal gestellt werden. Der Eisenkern ist ein Cylinder mit flachen Enden, doch habe ich, erforderlichenfalls, einen Eisenkegel von 2 Zoll Durchmesser an der Base und 1 Zoll Höhe auf eins seiner Enden gesetzt.

2247. Ein anderer meiner Magnete ist hufeisenförmig gestaltet. Der Eisenstab hält 46 Zoll in Länge und 3,75 Zoll im Durchmesser, und ist so gebogen, dass die Enden, welche die Pole bilden, 6 Zoll auseinanderstehen. Die beiden geraden Arme des Stabes sind bewickelt mit 522 Fuss eines 0,17 Zoll dicken und mit Zwirn übersponnenen Kupferdrahts, der auf diesen Armen zwei Gewinde bildet, jedes von 16 Zoll Länge und aus drei Drahtlagen bestehend. Die Pole stehen ungefähr 6 Zoll von einander und ihre Enden sind genau geebnet. Gegen diese sind zwei Stäbe von weichem Eisen, 7 Zoll lang, $2\frac{1}{2}$ und 1 Zoll dick, beweglich und durch Schrauben in jeder Entfernung bis zu 6 Zoll von einander zu halten. Die Enden dieser Stäbe bilden die entgegengesetzten ungleichnamigen Pole; das magnetische Feld zwischen ihnen kann grösser oder kleiner gemacht, und somit die Intensität der Magnetkraftlinien nach Belieben abgeändert werden.

2248. Zur Aufhängung der Substanzen zwischen oder neben den Polen dieser Magnete gebrauchte ich bisweilen eine Glasflasche, oben mit einer Platte und einem verschiebbaren Stab. Sechs oder acht gleichmässig ausgestreckte Coconfäden, zu einem Faden vereinigt, wurden oben an dem verschiebbaren Stab befestigt, und trugen unten einen Papierbügel, in welchen die zu untersuchende Substanz gelegt wurde.

2249. Eine andere sehr nützliche Aufhängungsart bestand darin, dass ein sechs Fuss langer Faden, befestigt an einem ajustirbaren Arm nahe an der Decke des Zimmers, unten einen

kleinen Ring aus Kupferdraht trug; die zu untersuchende Substanz lag auf einem aus feinem Kupferdraht gebildeten Rost (*cradle*), der mittelst eines acht bis zehn Zoll langen und oben hakenförmig endenden Drahts in den Ring gehängt war. Die Höhe der zu untersuchenden Substanz konnte dadurch beliebig abgeändert werden, dass man den Draht an der gehörigen Stelle zu einem Haken bog. Ein zwischen den Magnetpolen angebrachter Glascylinder war völlig hinreichend, die aufgehängte Substanz vor jeder durch Luftzug entspringenden Bewegung zu schützen.

2250. Bevor man mit diesem Apparat eine Untersuchung beginnt, ist es nöthig, sich zu versichern, dass die angewandten Substanzen keinen Magnetismus besitzen. Das Vermögen des Apparats, Magnetismus zu offenbaren, ist so gross, dass es schwer hält, geeignetes Schreibpapier zu dem erwähnten Bügel zu finden. Ehe man daher einen Versuch anstellt, muss man sich überzeugen, dass der angewandte Aufhängungsapparat sich nicht richte, d. h. vermöge der Magnetkraft nicht eine parallele Lage mit der die Pole verbindenden Linie annehme. Beim Gebrauche von kupfernen Aufhängungen zeigt sich eine eigenthümliche Erscheinung (2309), welche indess, richtig verstanden, wie wir späterhin zeigen werden, die Resultate des Versuchs nicht stört. Der Draht muss fein sein, nicht magnetisch wie Eisen, und der Rost muss in horizontaler Richtung keine längliche, sondern eine runde oder quadratische Gestalt haben.

2251. Die zu untersuchenden Substanzen müssen sorgfältig auf Magnetismus geprüft, und wenn sie nicht frei davon sind, verworfen werden. Die Prüfung ist leicht, denn wenn sie magnetisch sind, werden sie von dem einen oder andern Pol des grossen Magnets angezogen oder zwischen ihnen gerichtet. Eine Prüfung durch kleinere Magnete oder eine Magnetnadel ist zu diesem Zweck nicht hinreichend.

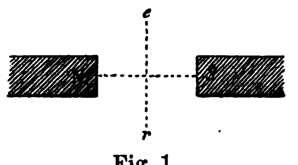


Fig. 1.

2252. Ich werde oft Gelegenheit haben von zwei Hauptrichtungen im magnetischen Felde zu sprechen, weshalb es mir, um Umschreibungen zu vermeiden, erlaubt sein mag, ein Paar Kunstausdrücke zu gebrauchen. Die eine dieser Richtungen geht von Pol zu Pol oder längs der Magnetkraftlinie, diese will ich die a x i a l e nennen; die andere ist winkelrecht



auf ihr, und also auch auf der Magnetkraftlinie, sie mag die äquatoriale heissen (Fig. 1). Andere von mir zu gebrauchende Ausdrücke werden sich hoffentlich von selbst erklären.

2. Wirkung der Magnete auf schweres Glas.

2253. Der 2 Zoll lange und etwa 0,5 Zoll breite und dicke Stab von kieselborsaurem Bleioxyd oder schwerem Glase, schon beschrieben als die Substanz, bei welcher zuerst die Wirkung der magnetischen Kräfte auf einen Lichtstrahl nachgewiesen ward (2152), wurde central zwischen den Magnetpolen aufgehängt (2247) und sich selbst überlassen, bis der Effect der Torsion vorüber war. Dann wurde der Magnet durch Schliessung der *Volta*'schen Kette in Thätigkeit gesetzt. Sogleich drehte sich der Stab in eine gegen die Magnetkraftlinie winkelrechte Lage und kam in ihr nach einigen Schwingungen zur Ruhe. Als man ihn mit der Hand aus dieser entfernte, kehrte er in dieselbe zurück, und dies konnte oftmals wiederholt werden.

2254. Jedes Ende des Stabes ging gleichgültig nach jeder Seite der axialen Linie. Der bestimmende Umstand war einfach eine Ablenkung des Stabes, zu Anfang des Versuchs, dies- oder jenseits von der axialen Linie. Befand sich eins der Enden des Stabes auf einer Seite der magnetischen oder axialen Linie, so ging, wenn der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, dasselbe Ende weiter auswärts, bis der Stab die äquatoriale Lage angenommen hatte.

2255. Ebensowenig machte eine Umkehrung der Magnetpole, durch Umkehrung der Richtung des elektrischen Stroms bewirkt, irgend einen Unterschied in dieser Beziehung. Der Stab ging auf kürzestem Wege in die äquatoriale Lage.

2256. Die Kraft, welche den Stab in diese Lage trieb, hatte man so in seiner Gewalt, dass man durch gehörige Schliessungen der *Volta*'schen Batterie den schwingenden Stab in seinem Gange zu dieser Lage leicht entweder beschleunigen oder aufhalten konnte.

2257. Es gab für den Stab zwei Gleichgewichtslagen, eine stabile und eine instabile. Befand er sich in Richtung der Axe oder Magnetkraftlinie, so bewirkte die Schliessung der Kette keine Aenderung seiner Lage; war er aber im geringsten schief gegen diese Lage, so vergrösserte sich die Schiefe, bis der Stab in die äquatoriale Lage gekommen war. Befand sich dagegen der Stab ursprünglich in der äquatorialen Lage, so

bewirkte der Magnetismus keine weitere Aenderung, sondern erhielt sich in derselben (2298. 2299. 2384).

2258. Hier haben wir also einen Magnetstab, der sich in Bezug auf Nord- und Südpole, von Osten nach Westen richtet, d. h. winkelrecht gegen die Magnetkraftlinien stellt.

2259. Auch wenn der Stab so hängt, dass sein Drehpunkt, obwohl in der axialen Linie, nicht gleich weit von den Polen absteht, sondern dem einen näher als dem andern ist, wird er von dem Magnetismus winkelrecht gegen die Magnetkraftlinie gestellt, und zwar gleichgültig mit jedem Ende dies- oder jenseits der axialen Linie. Zugleich zeigt sich aber noch eine andere Erscheinung; bei Schliessung der Kette weicht nämlich der Schwerpunkt des Stabes von dem Pole zurück und bleibt abgestossen, so lange der Magnet in Thätigkeit erhalten wird. Bei Aufhebung des Magnetismus kehrt der Stab in die seiner Schwere entsprechende Stelle zurück.

2260. Genau dasselbe findet am anderen Pole des Magnets statt. Jeder von ihnen stösst den Stab zurück, wie auch seine Lage sein mag, und zugleich ertheilt er ihm eine gegen die Magnetkraftlinie rechtwinklige Lage.

2261. Ist der Stab gleich weit von den Polen und in der axialen Linie, so ist keine Abstossung vorhanden oder zu beobachten.

2262. Hält man aber den Drehpunkt in der äquatorialen Linie, d. h. gleich weit von den beiden Polen, und entfernt ihn dies- oder jenseits ein wenig aus der axialen Linie (2252), so tritt eine andere Erscheinung auf. Der Stab stellt sich wie zuvor gegen die Magnetkraftlinie, weicht aber zugleich aus der axialen Linie, entfernt sich von ihr und bleibt in dieser neuen Lage so lange, als der Magnetismus anhält; mit dessen Verschwinden verlässt er sie wieder.

2263. Statt der beiden Magnetpole kann man auch einen einzigen anwenden, und zwar sowohl in verticaler als in horizontaler Lage. Die Erscheinungen stimmen mit den zuvor beschriebenen vollkommen überein; denn der Stab wird, wenn er dem Pole nahe ist, von diesem in Richtung der Magnetkraftlinien abgestossen und zugleich winkelrecht gegen dieselben gestellt. Ist der Magnet vertical (2246) und der Stab ihm zur Seite, so wird letzterer tangential zur krummen Oberfläche des ersteren gestellt.

2264. Sollen diese Querstellungen gegen die Magnetcurven erfolgen, so muss das schwere Glas eine längliche Gestalt

haben; ein Würfel oder ein rundliches Stück wird sich nicht so richten wie ein langes. Zwei oder drei Würfel oder runde Stücke neben einander in den Papierbügel gelegt, so dass sie ein längliches System bilden, richten sich aber.

2265. Stücke von irgend einer Form werden jedoch abgestossen; hängt man zum Beispiel zwei Stücke zugleich in der axialen Linie auf, eins diesem, eins jenem Pole nahe, so werden sie von den respectiven Polen abgestossen und einander genähert, wie wenn sie sich anzögen. Hängt man dagegen zwei Stücke in der äquatorialen Linie auf, eins auf jeder Seite der Axe, so weichen sie beide von der Axe und scheinen einander abzustossen.

2266. Aus dem Wenigen, was gesagt ist, geht hervor, dass die Bewegung des Stabes ein complicirtes Resultat der Kraft ist, welche der Magnetismus auf das schwere Glas ausübt, und dass Kugel oder Würfel eine viel einfachere Aeusserung dieser Kraft zeigen. Wenn somit ein Würfel zwischen beiden Polen angewandt wird, ist das Resultat eine Abstossung oder Zurückweichung von jedem Pol, und ebenso eine Abweichung aus der magnetischen Axe nach einer oder der anderen Seite.

2267. So wird sich das anzeigende Theilchen entweder längs den magnetischen Curven oder quer gegen sie bewegen, beides entweder in dieser oder jener Richtung; und das einzige Constante dabei ist die Tendenz, von stärkeren zu schwächeren Stellen der magnetischen Kraft überzugehen.

2268. Viel einfacher erscheint dies bei einem einzelnen Magnetpol, denn dann strebt der anzeigende Würfel (oder Kugel) sich auswärts in Richtung der Magnetkraftlinien zu bewegen. Der Vorgang ähnelt merkwürdig einer schwachen elektrischen Repulsion.

2269. Weshalb ein Stab oder irgend ein längliches Stück des schweren Glases Richtung annimmt, ist nun klar. Es ist bloss das Resultat des Strebens der Theilchen, sich auswärts zu bewegen oder in die Lage der schwächsten magnetischen Action zu begeben. Die Vereinigung der Wirkung aller Theilchen bringt die Masse in die Lage, welche der Versuch als ihr zugehörig ergiebt.

2270. Wenn der eine oder die beiden Magnetpole zugleich thätig sind, so bilden die Bahnen, welche die Theilchen des schweren Glases bei freier Bewegung beschreiben, eine Reihe von Linien oder Curven, auf welche ich mich späterhin beziehen werde. Da ich Luft, Glas, Wasser u. s. w. diamagnetische

Körper nenne (2149), so werde ich diese Linien mit dem Namen diamagnetische Curven belegen, um sie von den magnetischen Curven zu unterscheiden.

2271. Bei Eintauchung des schweren Glases in ein zwischen den Polen befindliches Gefäss voll Wasser, Alkohol oder Aether sind alle Erscheinungen wie zuvor. Der Stab richtet sich, und der Würfel weicht zurück, genau wie in Luft.

2272. Die Erscheinungen zeigen sich gleich gut in Gefässen von Holz, Steingut, Thon, Kupfer, Blei, Silber oder irgend einer der Substanzen, die zur Klasse der diamagnetischen gehören (2149).

2273. Dieselbe äquatoriale Richtung und dieselben Bewegungen, aber in sehr schwachem Grade habe ich mittelst eines guten hufeisenförmigen Stahlmagnets erhalten (2157); mittelst Schraubendrähten (2191. 2192) ohne Eisenkern habe ich sie aber nicht bekommen.

2274. Wir haben hier also magnetische Abstossung ohne Polarität, d. h. ohne Bezug auf einen besonderen Pol des Magnets, denn jeder Pol stösst die Substanz ab, und beide stossen sie zugleich ab (2262). Das schwere Glas, obwohl der magnetischen Wirkung unterworfen, kann nicht als magnetisch betrachtet werden, wenigstens nicht in der gewöhnlichen Bedeutung des Wortes oder wie Eisen, Nickel, Kobalt und deren Verbindungen. Es zeigt uns, unter diesen Umständen eine für unsere Kenntniss neue magnetische Eigenschaft; und obwohl die Erscheinungen in ihrer Natur und ihrem Charakter sehr verschieden sind von denen, welche bei der Wirkung im schweren Glase auf Licht stattfinden (2152), so scheinen sie doch von demselben Zustand, in welchen dann das Glas versetzt wird, abhängig oder mit ihm verknüpft zu sein, und sie beweisen daher mit diesen Erscheinungen die Realität dieses neuen Zustands.

3. Wirkung von Magneten auf andere, magnetisch auf Licht einwirkende Substanzen.

2275. Wir können nun vom schweren Glase zur Untersuchung anderer Substanzen übergehen, die, unter dem Einfluss magnetischer und elektrischer Kräfte, im Stande sind einen polarisirten Lichtstrahl zu afficiren und zu drehen (2173), können die Untersuchung auch ausdehnen auf Körper, die wegen Unregelmässigkeit ihrer Form, unvollkommener Durchsichtigkeit oder völliger Undurchsichtigkeit nicht durch einen polarisirten

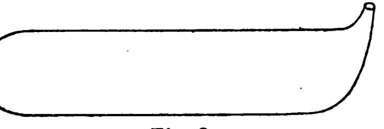
Lichtstrahl untersucht werden können, denn es hat keine Schwierigkeit sie alle der früheren Probe zu unterwerfen.

2276. Es fand sich bald, dass die Eigenschaft, von den Magnetpolen afficirt und abgestossen zu werden, nicht bloss dem schweren Glase eigen ist. Borsaures Bleioxyd, Flint- und Kronglas stellen sich in derselben Weise äquatorial und erleiden in der Nähe der Pole dieselbe Abstossung wie schweres Glas, doch nicht in demselben Grade.

2277. Unter den Substanzen, die nicht der Untersuchung durch Licht unterworfen werden konnten, zeigte Phosphor in Cylindergestalt die Erscheinungen sehr gut, ich glaube so kräftig wie schweres Glas, wenn nicht kräftiger. Ein Cylinder von Schwefel und ein langes Stück Kautschuk, Substanzen, die nach gewöhnlicher Weise nicht magnetisch sind, wurden gut gerichtet und abgestossen.

2278. Krystallisirte Körper, einfach wie doppelt brechende, verhielten sich eben so (2237). Quarzprismen, Kalkspath, Salpeter und schwefelsaures Natron richteten sich und wurden abgestossen.

2279. Ich begann nun eine grosse Zahl von Körpern, genommen aus jeder Klasse, den magnetischen Kräften zu unterwerfen. Ihre Verschiedenartigkeit wird aus der weiterhin gegebenen kurzen Liste von krystallinischen, amorphen, flüssigen und organischen Substanzen hervorgehen. Flüssigkeiten wurden in dünne Glasröhren eingeschlossen. Flintglas stellt sich äquatorial, wenn aber eine Röhre daraus sehr dünnwandig ist, giebt sie für sich allein nur eine schwache Wirkung. Wird sie nun mit Flüssigkeit gefüllt und untersucht, so ist die Wirkung so stark, dass man nicht zu fürchten braucht, den Effect des Glases mit dem der Flüssigkeit zu verwechseln. Die Röhren dürfen nicht mit Kork, Siegellack oder irgend einer auf's Gerathewohl genommenen Substanz verschlossen werden, denn diese Substanzen sind im Allgemeinen magnetisch (2285). Gewöhnlich habe ich sie wie Fig. 2 gestaltet, indem ich sie am Halse auszog und seitwärts eine Oeffnung liess, so dass, wenn sie mit Flüssigkeit gefüllt waren, keinen Verschluss erforderten.


Fig. 2.

2280) Bergkrystall
Schwefelsaurer Kalk
Schwefelsaurer Baryt
Schwefelsaures Natron
Schwefelsaures Kali
Schwefelsaure Bittererde
Alaun
Salmiak
Chlorblei
Chlornatrium
Salpetersaures Kali
Salpetersaures Bleioxyd
Kohlensaures Natron
Kalkspath
Essigsaures Bleioxyd
Brechweinstein
Steignettesalz
Weinsäure
Citronsäure
Wasser
Alkohol
Aether
Salpetersäure
Schwefelsäure
Salzsäure
Lösungen verschiedener Alkali- und Erdsalze
Glas
Bleiglätte
Weisser Arsenik
Jod
Phosphor
Schwefel
Harz
Wallrath
Caffein
Cinchonin
Margarinsäure
Wachs aus Schellack
Siegellack
Olivenöl
Terpenthinöl
Gagat
Kautschuk
Zucker
Stärkemehl
Gummi arabicum
Holz
Elfenbein
Hammelfleisch, getrocknet
Ochsenfleisch, frisch
» getrocknet
Blut, frisch
» getrocknet
Leder
Aepfel
Brot.

2281. Es ist sonderbar eine Liste von Körpern wie diese zu sehen, die alle die merkwürdige Eigenschaft zeigen, und seltsam macht es sich, dass Holz, Fleisch oder ein Apfel dem Magnet gehorcht oder von ihm abgestossen wird. Wenn ein Mensch, nach *Dufay*'scher Weise, mit hinlänglicher Empfindlichkeit aufgehängt und in das magnetische Feld gebracht werden könnte, würde er sich äquatorial richten; denn alle Substanzen, aus denen er gebildet ist, mit Einschluss des Bluts, besitzen diese Eigenschaft.

2282. Das Stellen in den Aequator hängt von der Form des Körpers ab, und die Verschiedenheit der Form war bei den Substanzen obiger Liste sehr gross. Doch ergab sich im

Allgemeinen das Resultat, dass Verlängerung in einer Richtung hinreichend sei zur Annahme einer äquatorialen Lage. Es hielt nicht schwer einzusehen, dass verhältnismässig grosse Massen sich eben so leicht richten würden als kleine, weil in grossen Massen mehr Magnetkraftlinien zur Wirkung auf den Körper beitragen; und dies bestätigte sich auch wirklich. Auch ergab sich bald, dass eine Platte oder ein Ring eben so gut war wie ein Cylinder oder ein Prisma; Platten oder flache Ringe von Holz. Wallrath, Schwefel etc., richtig aufgehängt, nahmen die äquatoriale Stellung sehr gut an. Könnte schweres Glas als Platte oder Ring in Wasser schwimmen, so dass es in jeder Richtung frei beweglich wäre, so würde es, unter diesen Umständen den magnetischen Kräften unterworfen (*subject to magnetic forces diminishing in intensity*), sich sogleich äquatorial stellen, und, wenn sein Mittelpunkt mit der Axe der Magnetkraft zusammenfiele, daselbst bleiben; wenn aber sein Mittelpunkt ausserhalb dieser Linie läge, würde es vielleicht allmählich in der Aequatorebene von dieser Axe fortgehen (*pass of from this axis in the plane of aequator and go out from between the poles*).

2283. Ich habe nicht gefunden, dass Zertheilung der Substanz einen Einfluss auf die Erscheinungen ausübe. An einem Kalkspath wurde beobachtet, mit welcher Kraft er sich äquatorial stelle; dann wurde er in sechs oder mehr Stücke zerschlagen, in ein Glasrohr geschüttet und abermals geprüft; so weit sich ermitteln liess, war der Effect derselbe. Bei einem zweiten Versuch ward der Kalkspath erst in kleinere Stücke verwandelt, dann in gröbliches Pulver und zuletzt in feines Pulver. Jedesmal auf die äquatoriale Stellung untersucht, konnte ich keinen Unterschied wahrnehmen, wenn nicht etwa im letzten Falle, wo mir das Streben zu dieser Stellung eine geringe, doch fast unwahrnehmbare Abnahme zu zeigen schien. Kieselerde gab dasselbe Resultat, keine Abnahme der Kraft. In Bezug hierauf will ich auch bemerken, dass Stärkmehl und andere fein gepülverte Körper die Erscheinung sehr gut zeigen.

2284. Sehr feine Versuche und grosse Sorgfalt wären erforderlich, wollte man die Stärke dieser magnetischen Wirkung bei verschiedenen Körpern ermitteln; ich habe in dieser Beziehung nur sehr geringe Fortschritte gemacht. Schweres Glas steht über Flintglas, und letzteres über Tafelglas. Wasser steht unter allen diesen, und ich glaube Alkohol unter Wasser, und

Aether unter Alkohol. Borsaures Bleioxyd steht eben so hoch als schweres Glas, wenn nicht darüber, und Phosphor steht wahrscheinlich an der Spitze aller eben genannten Substanzen. Ich fand auch die Aequatorial-Stellung des Phosphors zwischen den Polen eines gewöhnlichen Magnets bestätigt (2273).

2285. Ich war sehr betroffen durch die Thatsache, dass das Blut nicht magnetisch ist (2280), und eben so wenig irgend eins der versuchten Exemplare der rothen Muskelfaser von Rind oder Hammel. Dies war um so auffallender, als, wie wir später sehen werden, das Eisen immer und in fast allen Zuständen magnetisch ist. In Bezug auf diesen Punkt mag jedoch bemerkt sein, dass der gewöhnliche Magnetismus der Materie und diese neue Eigenschaft einander in ihren Effecten gegenüberstehen; und dass wenn diese Eigenschaft stark ist, sie einen sehr geringen Grad von gewöhnlicher Magnetkraft überwältigen kann, gerade eben so wie ein gewisser Betrag von magnetischer Kraft das Dasein dieser Kraft völlig verstecken kann (2422). Deshalb ist es nöthig, die Körper zuvörderst auf ihre magnetische Beschaffenheit sorgfältig zu untersuchen (2250). Die folgende Liste einiger Substanzen die schwach magnetisch befunden wurden, kann zur Erläuterung dienen: — Papier, Siegellack, Tusch, Berliner Porcellan, Seidenwurmdarm (*silkworm-gut*), Asbest, Flussspath, Mennige, Vermillon, Bleihyperoxyd, Zinkvitriol, Turmalin, Graphit, Schellack, Holzkohle. Bei einigen dieser Substanzen war der Magnetismus durch die ganze Masse verbreitet, bei anderen war er auf gewisse Stellen beschränkt.

2286. Auf diesen Punkt gelangt, will ich bemerken, dass wir keine Schwierigkeit in der Annahme finden können, dass die Erscheinungen das Dasein einer für uns neuen magnetischen Eigenschaft der Materie darthun. Nicht die uninteressanteste der daraus sich ergebenden Folgerungen ist die Art, wie sie die oft aufgestellte Behauptung, dass alle Körper magnetisch seien, entscheidet. Diejenigen, welche dies behaupteten, meinten, dass alle Körper magnetisch seien, wie Eisen, und behaupten, dass sie sich zwischen die Pole stellen. Die neuen Thatsachen widerlegen einerseits diese Behauptung, decken aber andererseits in allen gewöhnlichen Körpern das Dasein von Kräften auf, welche den in magnetischen Körpern vorhandenen direct entgegengesetzt sind, denn wo diese Anziehung bewirken, erzeugen jene Abstossung; diese bringen den Körper in eine axiale Richtung, jene in eine äquatoriale;

und die Thatsachen in Bezug auf Körper im Allgemeinen sind genau die umgekehrten von denen, welche nach der erwähnten Ansicht stattfinden würden.

4. Wirkung von Magneten auf Metalle im Allgemeinen.

2287. Die Metalle bilden in Bezug auf magnetische und elektrische Kräfte eine Körperklasse von so hohem und besonderem Interesse, dass man von ihnen wohl zuerst einige eigenthümliche Erscheinungen hinsichtlich der auffalllenden Eigenschaft erwarten muss, die sich bei so grosser Anzahl verschiedenartiger Körper vorfindet. Da sich bei dieser bis so weit kein Zusammenhang mit Leitung oder Nichtleitung, Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit, Starrheit oder Flüssigkeit, krystallinischem oder amorphem Zustand, mit Ganzheit oder Zerstückelung gezeigt hatte, so war es für mich von hohem Interesse, zu erfahren, ob die Metalle sich diesem allgemeinen Verhalten anschliessen oder von ihm absondern würden.

2288. Dass die drei Metalle, Eisen, Nickel und Kobalt, eine besondere Klasse bilden, schien fast unzweifelhaft, und ich glaube, es wird der Untersuchung zum Vortheil gereichen, wenn ich sie in einem besonderen Abschnitt betrachte. Wenn sich fernerhin ein anderes Metall nach Art dieser magnetisch erweist, würde es recht und zweckmässig sein, dasselbe in die nämliche Klasse zu stellen.

2289. Zunächst hatte ich also zu prüfen, ob die Metalle eine Anzeige von gewöhnlichem Magnetismus gäben. Eine solche Prüfung erfordert Magnete von nicht geringerer Kraft als die, welche zu der ferneren Untersuchung angewandt werden müssen. Ich habe viele Exemplare von Metallen gefunden, welche sich gegen eine Magnetnadel oder einen starken Hufeisenmagnet (2157) als frei von Magnetismus erwiesen, und dennoch reichliche Anzeigen von ihm gaben, wenn sie neben einem oder neben beiden Polen des beschriebenen Magnets aufgehängt wurden (2246).

2290. Meine Probe auf Magnetismus war diese. Wenn der zu untersuchende, etwa zwei Zoll lange Metallstab, im magnetischen Felde aufgehängt (2249), zuerst etwas schief gegen die axiale Linie lag, und dann bei Einwirkung der magnetischen Kräfte in die axiale Richtung, statt in die äquatoriale, getrieben wurde oder in einer etwas schiefen verblieb, so betrachtete ich

ihn als magnetisch. Denselben Schluss zog ich, wenn er, dem einen Magnetpol nahe, von ihm angezogen statt abgestossen wurde. Offenbar ist diese Probe nicht scharf, weil, wie früher erwähnt (2285), ein Körper einen geringen Grad von Magnetismus besitzen und dennoch die neue Eigenschaft bei ihm so stark sein kann, dass sie diesen neutralisirt oder übertrifft. Im ersten Falle könnte er frei von beiden Eigenschaften erscheinen, im zweiten frei vom Magnetismus, aber begabt mit einem geringen Grade der neuen Eigenschaft.

2291. Folgende Metalle erwiesen sich, auf die obige Art geprüft, als nicht magnetisch; und wären sie magnetisch, würden sie es doch in so geringem Grade sein, dass dadurch die Resultate nicht gestört oder der Fortgang der Untersuchung nicht gehemmt würde.

Antimon, Wismuth, Kadmium, Kupfer, Gold, Blei, Quecksilber, Silber, Zinn, Zink.

2292. Folgende Metalle waren und sind noch für mich magnetisch, und deshalb Gefährten (*companions*) des Eisens, Nickels und Kobalts:

Platin, Palladium, Titan.

2293. Ob diese Metalle an sich oder vermöge eines geringen Gehalts an Eisen, Nickel oder Kobalt magnetisch seien, unternehme ich für jetzt nicht zu entscheiden; auch will ich nicht behaupten, dass die der ersten Liste unmagnetisch sind. Es hat mich sehr überrascht, fast alle von mir untersuchten Proben von Zink, Kupfer, Antimon und Wismuth anscheinend frei von Eisen zu finden; und ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass einige Metalle, wie Arsenik etc. ein starkes Vermögen besitzen, den Magnetismus eines jeden Antheils Eisen zu dämpfen und zu vernichten, während andere Metalle, wie Silber und Platin, wenig oder nichts in dieser Beziehung ausrichten.

2294. In Betreff des Einflusses, den die Magnetkraft auf die nicht nach Art des Eisens magnetischen Metalle ausübt (2291), will ich bemerken, dass er zwei Wirkungen hervorbringt, die sorgfältig von einander zu trennen sind. Die eine hängt ab von inducirten magneto-elektrischen Strömen, und soll weiterhin (2309) erwogen werden. Die andere schliesst Effecte ein von gleicher Art wie die, welche bei schwerem Glase und vielen anderen Körpern hervorgebracht werden (2276).

2295. Alle die nicht magnetischen Metalle unterliegen der Magnetkraft und zeigen im Allgemeinen dieselben Erscheinungen wie die schon angeführte grosse Klasse von Körpern. Die Kraft, welche sie dann äussern, besitzen sie in verschiedenem Grade. Antimon und Wismuth zeigen sie gut, besonders das letztere. Das Wismuth übertrifft das schwere Glas, das borsaure Bleioxyd und vielleicht den Phosphor. Ein kleiner Stab oder Cylinder von Wismuth, etwa 2 Zoll lang und 0,25 bis 0,5 Zoll breit, ist besser als irgend eine bis jetzt von mir untersuchte Substanz geeignet die verschiedenen eigenthümlichen Erscheinungen zu zeigen.

2296. Genau gesprochen war der von mir angewandte Wismuthstab 2 Zoll lang, 0,33 Zoll breit und 0,2 Zoll dick. Als dieser Stab, zwischen den Polen, im magnetischen Felde aufgehängt und der Magnetkraft ausgesetzt wurde, nahm er so frei wie schweres Glas (2253) die äquatoriale Richtung an, und wenn er aus dieser abgelenkt wurde, kehrte er frei in sie zurück. Diese letzte Erscheinung, obwohl im vollen Einklang mit den früheren, steht mit den Erscheinungen beim Kupfer und bei einigen anderen Metallen (2309) in so auffallendem Contrast, dass sie hier besonders erwähnt zu werden verdient.

2297. Die verhältnissmässige Empfindlichkeit des Wismuths veranlasst unter verschiedenen Umständen verschiedene Bewegungen, die, wegen ihrer verwickelten Natur, einer sorgfältigen Auseinandersetzung und Erläuterung bedürfen.

2298. Wenn der cylindrische Elektromagnet (2246) vertical gestellt wird, so bietet der obere Pol eine ebene kreisrunde Horizontalfläche von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser dar. Eine kleine Probekugel (2266) von Wismuth dicht über dem Mittelpunkt dieser Fläche aufgehängt, bewegt sich nicht durch den Magnetismus. Führt man aber die Kugel nach aussen, z. B. bis zur Hälfte zwischen Mitte und Rand, so bewegt der Magnetismus sie einwärts oder gegen die verlängerte Axe des Eisencylinders. Wird sie noch weiter nach aussen geführt, so bewegt sie sich durch den Einfluss des Magnetismus auch noch einwärts, und dies geht fort, bis sie genau über dem Rande des Eisenkerns ist, wo sie wiederum gar keine Bewegung zeigt (durch eine Abänderung des Versuchs ist bekannt, dass sie hier eine von dem Kern in die Höhe gehende Richtung annehmen würde). Wird sie ein wenig weiter auswärts geführt, so treibt der Magnetismus sie nach aussen, und diese

Richtung erhält sie auch in jeder ferneren Lage oder längs den Seiten des Eisenkerns herunter.

2299. In der That ist die kreisrunde Kante, welche das Ende des Kerns mit dessen Seite bildet, der Scheitel eines Magnetpols für einen Körper, der wie die Wismuthkugel dicht daran liegt; und weil die von ihm ausgehenden Magnetkraftlinien nach allen Richtungen divergiren und rasch abnehmen, strebt auch die Kugel in allen Richtungen einwärts, auf- und auswärts fortzugehen, und bewirkt so die beschriebenen Erscheinungen. In der That zeigen sich nicht alle diese Erscheinungen, wenn man die Kugel in grösserem Abstande vom Eisen hält, also in magnetische Curven bringt, die im Allgemeinen eine einfachere Richtung haben. Um den Einfluss der Kante zu entfernen, wurde auf das Ende des Eisenkerns ein Eisenkegel gesetzt; nun wurde die Wismuthkugel bloss über dem Scheitel des Kegels in die Höhe getrieben, dagegen auf- und auswärts, so wie sie sich mehr oder weniger zur Seite des Kegels befand; immer wurde sie von dem Pol in derjenigen Richtung fortgetrieben, welche sie am schnellsten aus stärkeren Punkten der magnetischen Kraft in schwächere versetzte.

2300. Kehren wir zu dem verticalen flachen Pol zurück. Als ein Wismuthstab horizontal, concentrisch und dicht neben dem Pol aufgehängt ward, konnte er in Bezug auf die Axe des Pols jegliche Lage annehmen, und zugleich hatte er ein Streben sich aufwärts oder von dem Pole ab zu bewegen. Lag der Drehpunkt etwas excentrisch, so drehte sich der Stab allmählich, bis er der den Drehpunkt mit der verlängerten Axe verbindenden Linie parallel war, und der Schwerpunkt bewegte sich einwärts. Wenn sein Drehpunkt eben ausserhalb des Randes der flachen kreisrunden Endfläche war, und der Stab bildete einen gewissen Winkel mit der radialen Linie, welche die Axe des Kerns mit dem Drehpunkt verband, so waren die Bewegungen des Stabes unsicher und schwankend. War der Winkel mit der radialen Linie geringer als zuvor, so bewegte sich der Stab zum Parallelismus mit dem Radius und ging einwärts; war der Winkel grösser, so stellte sich der Stab winkelrecht gegen die radiale Linie und ging auswärts. Lag der Mittelpunkt noch mehr ausserhalb als im letzten Falle, oder lag er herunter zur Seite des Kerns, so stellte sich der Stab immer winkelrecht auf den Radius und ging auswärts. Alle diese complicirten Bewegungen lassen sich leicht auf ihren elementaren Ursprung zurückführen, wenn man Rücksicht

nimmt auf den Character der kreisrunden Kante (*circular angle*), welche das Ende des Kerns begrenzt, auf die Richtung der von ihr und den übrigen Theilen des Pols ausgehenden Magnetkraftlinien, auf die Lage der verschiedenen Theile des Stabes in diesen Linien, und auf den Grundsatz, dass jedes Theilchen auf dem nächsten Wege von stärkeren zu schwächeren Punkten der Magnetkraft zu gehen strebt.

2301. Das Wismuth wird gut gerichtet und abgestossen (2296), wenn es in Wasser, Alkohol, Aether, Oel, Quecksilber etc. eingetaucht, auch wenn es in Gefässe von Steingut, Glas, Kupfer, Blei etc. (2272) eingeschlossen oder durch 0,75 bis 1,0 Zoll dicke Schirme von Wismuth, Kupfer oder Blei geschützt ist. Selbst als man einen Wismuthwürfel (2266) in ein Eisengefäss von 2,5 Zoll Durchmesser und 0,17 Zoll Dicke brachte, ward es gut und frei von dem Magnetpol abgestossen.

2302. Es scheint auch keinen Unterschied in dem Character oder dem Grade seiner magnetischen Eigenschaft auszumachen (2283), ob das Wismuth in einem Stück oder als sehr feines Pulver angewandt wird.

2303. Mit aufgehängten oder unter andere Umstände versetzten Massen und Stäben von Wismuth habe ich viele Versuche angestellt, um auszumitteln, ob zwei Stücke, welche gemeinschaftlich unter dem Einfluss der Magnetkräfte standen, irgend eine anziehende oder abstossende Wirkung auf einander ausübten; allein ich konnte keine Anzeige davon entdecken. Sie schienen vollkommen indifferent gegen einander zu sein, und jedes strebte bloss von stärkeren Punkten der Magnetkraft zu schwächeren überzugehen.

2304. Papier, welches auf dem horizontalen kreisrunden Ende des verticalen Pols (2246) lag, wurde mit sehr fein gepulvertem Wismuth bestreut. So lange der Magnet nicht erregt war, donnte man auf das Papier tupfen, ohne dass etwas besonderes geschah; war er aber in Thätigkeit versetzt, so zog sich das Pulver in zwei Richtungen, ein- und auswärts, von der über der Kante des Kerns befindlichen kreisrunden Linie fort, legte diesen Kreis bloss, und zeigte zugleich ein Streben in allen Richtungen von dieser Linie abwärts (2299).

2305. Endigte sich der Pol in einem Kegel (2246), so gab Papier, welches mit Wismuthpulver bestreut war, bei Hinwegziehung über die Spitze des Kegels, so lange der Magnet unthätig war, kein besonderes Resultat; war er aber thätig, so wurde durch diese Operation jeder über den Kegel kommende

Punkt vom Pulver gesäubert, so dass klare Linien in dem Pulver die Stellen bezeichneten, unter welchen der Pol fortgegangen war.

2306. Zwischen den Polen des gewöhnlichen Hufeisenmagnets stellte sich der Wismuthstab und ein Stab von Antimon äquatorial.

2307. Folgende Liste mag einen Begriff geben von der Reihe, nach welcher einige Metalle sich hinsichtlich dieser neuen Erscheinungen anordnen; doch bin ich nicht sicher, dass sie vollkommen frei von magnetischen Metallen waren. Ueberdies giebt es gewisse andere Erscheinungen, welche der Magnetismus in seiner Wirkung auf Metalle hervorbringt (2309), welche mit der von der neuen Eigenschaft erzeugten sehr in Conflict gerathen:

Wismuth, Antimon, Zink, Zinn, Kadmium, Quecksiber, Silber, Kupfer.

2308. Ich erinnere mich dunkel, dass die Abstossung von Wismuth durch einen Magnet vor einigen Jahren beobachtet und beschrieben worden ist. Wenn dem so ist, so erhellt, dass das, was damals als eine isolirt stehende Erscheinung betrachtet werden musste, die Folge einer allgemeinen, allen Substanzen zukommenden Eigenschaft war*).

2309. Ich schreite nun zur Betrachtung einiger besonderer Erscheinungen, welche sich beim Kupfer und einigen anderen

*) Hr. *De la Rive* hat mich dieser Tage auf die *Biblioth. univ.* 1829, T. XL, p. 82, verwiesen, wo sich findet: dass der besagte Versuch Hrn. *Le Baillif* zu Paris angehört. Hr. *Le Baillif* zeigte vor 16 Jahren, dass Wismuth und Antimon von der Magnetnadel abgestossen werden. Es muss auffallen, dass ein solcher Versuch so lange ohne weitere Resultate geblieben ist. Ich bin erfreut, diese Hinweisung noch vor dem Druck der gegenwärtigen Abhandlung geben zu können. Diejenigen, welche meine Aufsätze lesen, werden hier, wie bei manchen anderen Gelegenheiten, die Folgen eines immer schwächer werdenden Gedächtnisses erkennen; ich hoffe, dass sie Entschuldigung finden, und dass Unterlassungen und Irrthümer dieser Art als absichtslose angesehen werden. — M. F., 1845, Dec. 30. — [Die Beobachtung des Hrn. *Le Baillif* und ihre theilweise Bestätigung (was die Repulsion von Wismuth und Antimon betrifft) durch Hrn. *Becquerel* findet sich auch in diesen Annalen, Bd. 10, S. 507 und S. 293, an welchem letzteren Ort zugleich die schon von *Brugmans* beobachtete Repulsion des Wismuths (deren auch Hr. *Faraday* am Schlusse seiner im nächsten Hefte mitzutheilenden XXI. Reihe von Untersuchungen erwähnt) in Erinnerung gebracht ist. *P.*]

Metallen zeigen, wenn sie der Wirkung magnetischer Kräfte unterworfen werden, und welche die schon beschriebenen Effecte zu verdecken streben, so dass sie den, welcher sie nicht kennt, sehr in Verwirrung und Zweifel setzen. Ich will zunächst ihre Aeusserlichkeiten beschreiben und dann zu ihrem Ursprung übergehen.

2310. Hängt man statt des Wismuthstabes (2296) einen Kupferstab von gleicher Grösse zwischen den Polen auf (2247), und entwickelt deren Kraft im Moment, da der Stab eine schiefe Lage zwischen der axialen und äquatorialen Linie besitzt, so bemerkt man eine Einwirkung auf den Stab, doch nicht in der Art, dass er sich in die äquatoriale Linie zu stellen sucht; im Gegentheil geht er auf die axiale Lage zu, wie wenn er magnetisch wäre. Er setzt jedoch seine Bewegung nicht bis zur Ankunft in jener Lage fort, sondern hält rasch ein, ganz unähnlich einem vom Magnetismus erzeugten Effect, und kommt, ohne eine Schwingung zu machen, daselbst auf einmal zu einer todten Ruhe; dies geschieht selbst wenn der Stab vermöge der Torsion oder einer anderen Ursache sich vorher mit einer Kraft bewegte, die ihn mehrmals im Kreise herumgedreht hätte. Diese Erscheinung steht im auffallenden Contrast mit der, welche sich bei Anwendung von Antimon, Wismuth, schwerem Glase und ähnlichen Körpern zeigt, und ist eben so fern von einem gewöhnlichen magnetischen Effect.

2311. Die Lage, welche der Stab angenommen hat, behauptet er mit einem bedeutenden Grad von Hartnäckigkeit, sobald die Magnetkraft unterhalten wird. Wird er aus ihr abgelenkt, so kehrt er nicht nur in sie zurück, sondern nimmt die neue Stellung in derselben Weise ein und beharrt in derselben eben so fest. Ein Stoss, der den Stab, wenn kein Magnetismus zugegen wäre, mehrmals im Kreise herumdrehen würde, bewegt ihn nur um 20° bis 30°. Dies ist nicht der Fall beim Wismuth und schwerem Glase; sie schwingen frei im magnetischen Feld und kehren immer in die äquatoriale Lage zurück.

2312. Die von dem Stabe angenommene Lage kann eine jegliche sein. Im Augenblick der Erregung des Magnetismus bewegt sich der Stab ein wenig; allein davon abgesehen, kann er zuletzt in jeder erforderlichen Lage festgehalten werden. Selbst wenn er vermöge der Torsion (*or momentum*) mit bedeutender Kraft schwingt, kann er an jeder beliebigen Stelle zur Ruhe gebracht werden.

2313. Zwei Stellungen kann jedoch der Stab bei Anfang des Versuchs einnehmen, aus welchen der Magnetismus ihn nicht bewegt: die äquatoriale und die axiale. Befindet sich der Stab nahe mitten zwischen diesen, so wird er gewöhnlich bei erster Wirkung des Magnets sehr stark afficirt; allein die Lage des stärksten Effects ist verschieden nach Form und Dimensionen der Magnetpole und des Stabes.

2314. Liegt das Centrum der Drehung in der axialen Linie, aber dem einen Pole nahe, so geschehen diese Bewegungen gut und sind in ihrer Richtung deutlich; liegt es aber in der äquatorialen Linie, an einer Seite der axialen Linie, so sind sie abgeändert, doch in einer Weise, die später leicht verständlich sein wird.

2315. Nachdem wir so die Erscheinung während der Magnetkraft betrachtet haben, wollen wir sehen, was bei ihrem Verschwinden geschieht; denn ihre Fortdauer ändert nichts. Wenn, nachdem der Magnetismus zwei bis drei Secunden unterhalten worden, der elektrische Strom unterbrochen wird, so erfolgt augenblicklich eine starke Wirkung auf den Stab, welche wie ein Rückstoss (*revulsion*) aussieht (denn der Stab geht zurück in der Bewegung, welche er beim Schliessen der Kette auf einem Moment annahm) allein mit solcher Gewalt, dass wenn er vielleicht 15° bis 20° vorgerückt ist, der Rücksprung manchmal zwei bis drei ganze Umdrehungen beträgt.

2316. Schweres Glas und Wismuth zeigen dergleichen Erscheinungen nicht.

2317. Wird, während der Stab sich zurückdreht, der elektrische Strom am Magnet erneut, so steht der Stab sogleich still, die früheren Erscheinungen und Resultate zeigend (2310), und wenn man dann die Magnetkraft unterbricht, wird er abermals ergriffen, und nun natürlich in entgegengesetzter Richtung zu der ersten.

2318. Wird der Stab in der äquatorialen oder axialen Lage von der Magnetkraft gefasst, so erfolgt kein Rücksprung, dagegen wiederum einer, wenn man ihn gegen diese Lagen neigt, und die Stellen, welche in dieser Beziehung am wirksamsten sind, scheinen die für das erste kurze Vorrücken günstigsten zu sein (2313). Befindet sich der Stab in einer Lage, in welcher ein starker Rückgang erfolgen würde, und wird er nun bei unterhaltenem Magnetismus mit der Hand in die äquatoriale oder axiale Lage gedreht, so findet bei Aufhebung der magnetischen Kraft, kein Rücksprung (*revulsion*) statt.

2319. Wird der elektrische Strom, und demgemäss der Magnetismus nur einen Moment unterhalten, so ist der Rücksprung nur sehr gering; er ist desto geringer, je kürzer die Dauer der Magnetkraft ist. Unterhält man die Magnetkraft zwei bis drei Secunden, unterbricht sie dann und erneut sie augenblicklich, so wird der Stab entfesselt, und wieder von der Kraft gefasst, ehe er seinen Ort merklich ändert; und nun lässt sich beobachten, dass er bei Erneuung der Kraft nicht vorrückt, wie er es gethan haben würde, wenn er bei erster Schliessung an jenem Ort ergriffen wäre (2310), d. h. macht der Stab einen gewissen Winkel gegen die axiale Lage, so wird der erste Hinzutritt der Magnetkraft ihn dieser Lage näher bringen; befindet sich aber der Stab in derselben Stellung, und wird die Magnetkraft unterbrochen und augenblicklich erneut, so setzt der zweite Hinzutritt der Kraft den Stab nicht in Bewegung, wie er es zuerst that.

2320. Bei Eintauchung des Kupferstabes in Wasser, Alkohol und Quecksilber finden dieselben Erscheinungen statt wie in der Luft, aber die Bewegungen sind natürlich nicht so gross.

2321. Auch Platten von Kupfer oder Wismuth, einen Zoll dick, zwischen die Pole und den Kupferstab eingeschoben, ändern nichts an den Resultaten.

2322. Bei Anwendung von nur einem Pol treten die Effecte so gut auf wie zuvor, sobald nur der Pol im Verhältnis zu dem Stab eine so grosse Fläche hat wie das Ende des Eisenkerns (2246). Ist aber der Pol durch die Aufsetzung des Kegels zugespitzt, oder befindet sich der Stab gegenüber der Endkante des Kerns, so sind die Erscheinungen sehr schwach oder gänzlich verschwindend, und es bleibt bloss die allgemeine Thatsache der Abstossung (2295).

2323. Die eben beschriebenen eigenthümlichen Effecte zeigen sich vielleicht noch auffallender, wenn der Kupferstab lothrecht aufgehängt wird, und zwar gegenüber oder nahe der grossen Fläche eines einzelnen Magnetpols, oder, wenn der Pol, wie beschrieben (2246. 2263), vertical gestellt wird, irgendwo nahe an seiner Seite. Der Stab ist, wie man sich erinnern wird, 2 Zoll lang, 0,33 Zoll breit und 0,2 Zoll dick, und da er sich nun um eine seiner Länge parallele Axe dreht, so sind es die beiden kleineren Dimensionen, welche sich in die neuen Lagen zu drehen bereit stehen. In diesem Falle bewirkt die Entwicklung der Magnetkraft eine kleine Drehung des Stabes,

übereinstimmend mit den zuvor beschriebenen Effecten, und die Aufhebung der Magnetkraft veranlasst einen Rücksprung, welcher den Stab mehrmals um seine Axe dreht. Allein in jedem Moment kann der Stab wie zuvor wieder gefasst und in seiner Stellung angehalten werden. Beim Schliessen der Batterie zeigt sich eine Tendenz, die grössere Querdimension, d. h. die Breite des Stabes, parallel zu stellen der Linie, welche die Mitte der Wirkung des Magnets mit dem Stabe verknüpft.

2324. Der Stab ist, wie zuvor (2311), was die Drehung um seine Axe betrifft, äusserst träge, wie wenn er in ein dichteres Mittel getaucht wäre; allein diese Trägheit afficirt nicht den Stab als Ganzes, denn jede Pendelschwingung, die er besitzt, fährt unverändert fort. Sehr sonderbar macht es sich, einen um seinen Aufhängpunkt schwingenden (2249) und zugleich um seine Axe sich drehenden Stab zu sehen, wenn er zuerst von der Magnetkraft ergriffen wird, denn augenblicklich hört die letztere Bewegung auf, während die erstere in unveränderter Stärke fortbesteht.

2325. Dieselbe Trägheit findet sich bei einem Würfel oder einer Kugel von Kupfer; allein die Erscheinungen der ersten Drehung und des Rücksprungs hören auf (2310. 2315).

2326. Stäbe von Wismuth und schwerem Glase zeigen nichts der Art. Die eigenthümlichen Erscheinungen beim Kupfer sind von denen bei diesen Substanzen eben so verschieden als von den gewöhnlichen magnetischen Vorgängen.

2327. Was die Ursache dieser Effecte betrifft, so scheint mir, dass sie abhängen von dem vortrefflichen Leitvermögen des Kupfers für elektrische Ströme, von dem allmählichen Entwickeln und Verschwinden der magnetischen Kraft im Eisenkern des Elektromagnets und von der Erregung jener inducirten magneto-elektrischen Ströme, welche ich in der ersten Reihe dieser Experimental-Untersuchungen (55. 109) beschrieben habe.

2328. Die Vernichtung der Bewegung um die eigene Axe, welche der den Magnetkräften unterworfene Stab zeigt, kommt auch einer Kugel und einem Würfel zu. Sie ist diesen Körpern jedoch nur dann eigen, wenn ihre Drehungsaxen winkelrecht oder schief gegen die Magnetkraftlinien sind, nicht aber wenn sie ihr parallel sind; denn der horizontale oder verticale Stab, der Würfel oder die Kugel drehen sich mit vollkommener Leichtigkeit, wenn sie über dem verticalen Pol (2246)

aufgehängt sind; die Drehung und Schwingung geschehen dann eben so frei und in derselben Weise wie die entsprechenden Bewegungen des Wismuths oder schweren Glases. Ihre Vernichtung gelangt zum Maximum, wenn die Drehungsaxe winkelrecht auf den Magnetkraftlinien ist, und wenn der Stab, Würfel u. s. w. sich dem Pole nahe befindet.

2329. Ohne sehr in's Einzelne zu gehen, kann ich sagen, dass die Erscheinung vollständig durch die in der Kupfermasse inducirten elektrischen Ströme erklärt wird. Aus der zweiten Reihe dieser Untersuchungen (160)*) wird erhellen, dass wenn eine Kugel, die der Wirkung der Magnetkraftlinien unterworfen ist, sich um eine auf diesen Linien winkelrechte Axe dreht, ein elektrischer Strom in einer der Rotationsaxe parallelen Ebene auf ihr herumläuft, und folglich in ihr eine magnetische Axe erzeugt wird, die gegen die Curven des inducirenden Magnets rechtwinklig ist. Die Magnetpole dieser Axe liegen also in derjenigen Richtung, welche, vereint mit dem Haupt-Magnetpol, die Kugel zurückzuziehen sucht, entgegen der Richtung, in welcher sie rotirt. Wenn demnach ein Stück Kupfer vor einem Nordpol rotirt, so dass die dem Pole nächsten Theile sich nach der rechten Seite bewegen, so wird die rechte Seite des Kupfers im süd-magnetischen Zustand sein, und die linke im nord-magnetischen; und diese Zustände werden der rechts gewandten Bewegung des Kupfers entgegen zu wirken streben; wenn sie in umgekehrter Richtung rotirt, wird die rechte Seite den süd-magnetischen Zustand besitzen, und die linke den nord-magnetischen. In welcher Richtung also das Kupfer um seine Axe rotiren möge, so wird doch, im Augenblick wo es sich zu bewegen anfängt, eine Kraft in solcher Richtung erregt, dass sie die Bewegung zu hemmen und zur Ruhe zu bringen trachtet. Sobald sie in Bezug auf diese Bewegungsrichtung in Ruhe ist, giebt es keinen Effect mehr, welcher sie zu stören sucht, und sie verbleibt also in Ruhe.

2330. Wenn die ganze Masse sich selber parallel bewegt, und im Vergleich zur Fläche des ihr gegenüberstehenden Pols klein ist, so geht sie zwar durch Magnetkraftlinien, die magneto-elektrische Ströme in ihr hervorzurufen trachten, allein da alle Theile sich mit gleicher Schnelligkeit und in gleicher Richtung durch einander ähnliche Magnetkraftlinien bewegen, so ist das Streben zur Bildung eines Stroms in jedem Theile gleich; es

*) Philosoph. Transact. 1832, p. 168. (Klass. Heft 81.)

findet keine wirkliche Stromerzeugung statt, und folglich tritt nichts ein, was irgendwie die Freiheit der Bewegung beeinträchtigen könnte. Das ist der Grund, weshalb die Drehung des Stabes oder Würfels um seine eigene Axe vernichtet wird (2324. 2328), seine Pendelschwingung aber unangetastet bleibt.

2331. Dass weder die eine noch die andere Bewegung gestört wird, wenn der Stab oder Würfel sich über dem verticalen Pol befindet (2328), ist einfach Folge davon, dass in beiden Fällen (bei den gegebenen Dimensionen des Pols und des bewegenden Metalls) die Linien der Theilchen, durch welche hin die inducirten Ströme sich zu bewegen suchen, in der ganzen Masse einander parallel sind; da es keinen Theil giebt, durch welchen der Strom zurückkehren kann, so vermag sich also auch kein Strom zu bilden.

2332. Ehe ich zur Erklärung der übrigen Erscheinungen schreite, wird es nöthig sein, eine allgemein anerkannte Thatsache hervorzuheben, nämlich die, dass zur Entwicklung von Magnetismus in einem Eisenkern durch einen elektrischen Strom und ebenso zu seinem Verschwinden nach Aufhebung des Stroms Zeit erforderlich ist. Eine Wirkung dieses allmählichen Steigens der Kraft ward noch in der letzten Reihe dieser Untersuchungen (2170) angeführt. Diese Zeit ist wahrscheinlich länger bei einem nicht wohl geschmeidigen Eisen, als bei einem, welches es sehr gut und vollkommen ist. Die letzten Portionen von Magnetismus, welche ein gegebener Strom in einem gewissen Eisenkern entwickeln kann, werden anscheinend langsamer erlangt als die ersten; und diese Portionen (oder der sie bedingende Zustand des Eisens) scheinen auch langsamer verloren zu werden als die übrigen. Wenn die Batterie nur für einen Augenblick geschlossen wird, verschwindet der durch den Strom entwickelte Magnetismus so augenblicklich bei Aufhebung des Stroms, als er bei dessen Bildung zum Vorschein kam. Wenn aber die Schliessung drei bis vier Secunden unterhalten wird, ist die Aufhebung des Stroms keineswegs von einem gleich raschen Verschwinden des Magnetismus begleitet.

2333. Um die eigenthümliche Erscheinung beim Kupfer weiter zu verfolgen und auf ihre Ursache zurückzuführen, wollen wir den Zustand des horizontalen Stabes (2310. 2313) betrachten, wenn er sich in äquatorialer Lage zwischen den beiden Magnetpolen oder vor einem von ihnen befindet, dabei

den Drehpunkt in einer Linie mit der Axe des Pols und seiner erregenden Drahtschraube gedacht. So wie der elektrische Strom durch diese Schraube gesandt wird, erregt sowohl sie als der von ihr erzeugte Magnet Ströme von entgegengesetzter Richtung in dem Kupferstab. Dies geht aus meinen früheren Untersuchungen hervor (26) und lässt sich erweisen, wenn man einen kleinen oder grossen schraubenförmigen Draht von der Gestalt des Stabes anwendet, und die in ihm erzeugten Ströme mittelst Drähte zu einem entfernten Galvanometer führt. Solche Ströme sind im Kupfer nur so lange vorhanden, als der Magnetismus des Kernes zunimmt, und dann hören sie auf (18. 39); allein während ihres Daseins geben sie der, einem gewissen Pole gegenüberliegenden Seite des Kupferstabes eine wirkliche magnetische Polarität, und zwar von gleicher Art mit der jenes Pols. So wird an der dem Nordpol des Magnets zugewandten Seite des Stabes eine Nordpolarität, an der dem Südpol zugewandten eine Südpolarität entwickelt.

2334. Leicht ersichtlich ist, dass dieser Vorgang, wenn das Kupfer während dieser Zeit nur einem Pole gegenüberliegt, oder, falls es zwischen beiden Polen befindlich, dem einen näher als dem andern ist, eine Abstossung erzeugen muss. Doch kann er den ganzen Betrag der beim Kupfer sowohl als beim Wismuth beobachteten Abstossung (2295) nicht erklären, weil die Ströme nur von momentaner Dauer sind, und mit ihnen die durch sie bewirkte Abstossung verschwinden würde. Sie bewirken jedoch einen kurzen repulsiven Impuls, und aus diesem entspringt hauptsächlich der erste Theil des eigenthümlichen Effects.

2335. Denn wenn der Kupferstab, statt der Seite des Magnetpols parallel und folglich gegen die Resultante der Magnetkraft rechtwinklig zu sein, geneigt liegt, z. B. einen Winkel von 45° mit der Seite bildet, so bewegen sich die Ströme im Allgemeinen in einer diesem Winkel mehr oder weniger entsprechenden Ebene, wie sie es nahezu in dem Probe-Schraubendraht (2333) thun, wenn dieser in gleicher Weise geneigt ist. Dies versetzt die Polaraxe des Kupferstabes auf die eine Seite, so dass die Nordpolarität nicht direct dem Nordpol des inducirenden Magnets gegenüberliegt, und deshalb wird die Wirkung sowohl dieses als des anderen Magnetpols auf die beiden Polaritäten des Kupfers dahin gehen, dass sie dieses weiter herumdreht oder der Länge nach (*edgeways*) gegen die Pole oder mit der Breite parallel der durch sie hingehenden

magnetischen Resultante (2323) stellt; der Stab empfängt daher einen Impuls, und seine dem Magnete nächste Ecke scheint gegen den Magnet gezogen zu werden. Diese Wirkung hört natürlich auf im Moment, da der Magnetismus des Eisenkerns zu wachsen aufhört; dann verschwindet die aus dieser Ursache entspringende Bewegung, und das Kupfer ist bloss der zuvor (2295) beschriebenen Wirkung unterworfen. Zu gleicher Zeit, da diese kleine Rückdrehung um den Aufhängepunkt erfolgt, wird der Schwerpunkt der ganzen Masse abgestossen, und so glaube ich sind alle Umstände dieser Erscheinung erklärt.

2336. Es kommt nun noch der Rücksprung (*revulsion*) in Betracht, der beim Verschwinden des Stromes und beim Abnehmen des Magnetismus erfolgt. Gemäss dem Gesetz der magneto-elektrischen Induction wird das Verschwinden der Magnetkraft kurze Ströme in dem Kupferstab induciren (28) von entgegengesetzter Richtung mit den zuerst inducirten; deshalb wird der wirkliche Magnetpol des Kupfers im Moment, da es dem Nordende des Elektromagnets am nächsten ist, ein Südpol sein, und der von demselben Magnetpol am fernsten wird ein Nordpol sein. Daraus entsteht eine Wirkung auf den Stab, die ihn um seinen Aufhängepunkt entgegengesetzt der früheren Richtung zu drehen sucht, und dies bewirkt den Rücksprung; denn die dem Magnetpol nächste Ecke wird von ihm zurückweichen, die breite Fläche (2323) oder Länge (2315) des Stabes wird herumkommen und sich dem Magnet zuwenden, und eine in jeder Beziehung umgekehrte Wirkung gegen die erste wird eintreten, ausgenommen dass wenn zuvor die Bewegung nur einige wenige Grade betrug, sie nun zu zwei oder drei ganzen Umdrehungen ausgedehnt ist.

2337. Die Ursache dieser Verschiedenheit ist einleuchtend. Im ersten Falle bewegte der Kupferstab sich unter Einflüssen, die kräftig zu seiner Verzögerung und Hemmung strebten (2329); im zweiten Falle sind diese Einflüsse fort, und der Stab dreht sich frei mit einer Kraft proportional mit der Kraft, welche der Magnet auf die von ihm selbst inducirten Ströme ausübt.

2338. Selbst wenn das Kupfer so gestaltet ist, dass es aus den in ihm inducirten Strömen nicht die schiefe Resultante der magnetischen Wirkung giebt, wenn es z. B. einen Würfel oder eine Kugel darstellt, muss die oben beschriebene Wirkung eintreten (2325). Als man eine Kupferplatte von etwa 0,75 Zoll

Dicke und 2 Pfund Gewicht auf einige lose Holzstücke legte, ungefähr 0,1 Zoll von der Fläche des Magnetpols ab, wurde sie beim Schliessen und Geschlossensein der Batterie abgestossen, und in einer gewissen Entfernung gehalten, und als die Batterie geöffnet wurde, kehrte sie zu dem Pole zurück. Allein die Rückkehr war viel kräftiger als die allein aus der Schwere entspringende (wie durch einen Versuch ermittelt wurde), indem die Platte in dem Moment wirklich angezogen ward, so gut wie sie vermöge der Schwere zu dem Pol strebte, was ihr denn einen starken Impuls gegen diesen hin gab.

2339. Dies ist, glaube ich, die Erklärung der eigenthümlichen Erscheinungen beim Kupfer im magnetischen Felde; und der Grund, weshalb sie bei diesem Metall, und nicht beim Wismuth oder schweren Glase auftreten, liegt fast sicher in dem hohen Leitungsvermögen desselben, welches in ihm die Bildung von Strömen durch inductive Kräfte gestattete, die im Wismuth nicht in entsprechendem Grade und im schweren Glase gar nicht entstehen können.

2340. Jeder Grad von gewöhnlichem Magnetismus, entspringe er aus der eigenen Natur des Metalls oder aus dem Gehalte kleiner Portionen magnetischer Metalle, muss sich der Entfaltung der eben beschriebenen Resultate widersetzen, und daher können Metalle von nicht absoluter Reinheit in dieser Beziehung nicht mit einander verglichen werden. Dess ungeachtet habe ich dieselben Erscheinungen bei anderen Metallen beobachtet, und, was die Trägheit der rotatorischen Bewegung betrifft, sie selbst bis zum Wismuth verfolgt. Folgendes sind die Metalle, welche die Erscheinung in grösserem oder geringerem Grade zeigten:

Kupfer, Silber, Gold, Kadmium, Zinn, Quecksilber, Platin, Palladium, Blei, Antimon, Wismuth.

2341. Die Uebereinstimmung dieser Erscheinungen mit der schönen Entdeckung *Arago*'s*), mit den Resultaten der

---

*) Ann. de chim. et de phys. XXVII, p. 363; XXVIII, p. 325; XXXII, p. 213. (Ann. Bd. 3, S. 343; Bd. 7, S. 385; Bd. 8, S. 517). — Mit grossem Vergnügen verweise ich hier auf die Compt. rend. vom 9. Juni 1845, aus denen erhellt, dass es Hr. *Arago* war, der zuerst seine eigenthümlichen Resultate durch Anwendung von Elektromagneten sowohl als von gewöhnlichen Magneten erhielt.

Versuche von *Herschel* und *Babbage**) und mit meinen eigenen früheren Untersuchungen (81)**) ist sehr einleuchtend. Ob die von Hrn. *Ampère* bei einem Kupfercylinder und einem Schraubendraht beobachtete Erscheinung***) von dieser Natur war, vermag ich nicht zu entscheiden, da die Umstände des Versuchs und die Stärke des Apparats nicht hinreichend angegeben sind, wahrscheinlich war es aber der Fall.

2342. Da wegen anderer Geschäfte wohl drei bis vier Wochen verstreichen mögen, ehe ich im Stande sein werde, die Prüfung gewisser Versuche und Schlüsse zu vollenden, so übergebe ich einstweilen diese Resultate der K. Gesellschaft zur Beachtung und werde den Bericht von der Wirkung der Magnete auf magnetische Metalle, auf Gase und Dämpfe, so wie die allgemeinen Betrachtungen in einer anderen Reihe dieser Untersuchungen zusammenstellen.

Royal Institution, 1845, Nov. 27.

---

*) Philosoph. Transact. 1825, p. 467.
**) Philosoph. Transact. 1832, p. 146. (Klass. Heft 81.)
***) Biblioth. univers. T. XXI, p. 48. (*Pogg.* Ann. Bd. 24, S. 612.)

Einundzwanzigste Reihe.

(Philosoph. Transact. f. 1847. — Pogg. Ann. Bd. LXX.)

XXVII. Ueber neue magnetische Wirkungen und über den magnetischen Zustand aller Substanzen.

(Fortsetzung.)

5. Wirkung von Magneten auf magnetische Metalle und deren Verbindungen.

2343. Die magnetischen Charaktere des Eisens, Nickels und Kobalts sind wohl bekannt; eben so weiss man, dass sie bei gewissen Temperaturen ihren gewöhnlichen Magnetismus verlieren, und für die gebräuchlichen Prüfmittel und Beobachtungen unmagnetisch werden; sie treten dann in die Liste der diamagnetischen Körper und wirken ähnlich wie diese. Eine nähere Untersuchung hat mir indess gezeigt, dass sie dennoch sehr verschieden von anderen Körpern sind; dass sie, obwohl in der Hitze unwirksam gegen gewöhnliche Magnete oder gewöhnliche Prüfmittel, es doch nicht absolut sind, sondern bei jeglicher Temperatur einen gewissen Betrag von Magnetkraft behalten; und dass auch diese Kraft von gleichem Charakter mit der ist, welche sie gewöhnlich besitzen.

2344. Ein Stück Eisendraht, etwa einen Zoll lang und 0,05 Zoll dick, vollkommen gesäubert, wurde in der Mitte durch einen feinen Platindraht mit dem Aufhängedraht (2249) verknüpft, um zwischen den Polen des Elektromagnets schwingen zu können. Durch eine Weingeistlampe erhitzt, erlangte er bald eine Temperatur, welche ihn gegen einen guten gewöhnlichen Magnet ganz unempfindlich machte, obwohl dieser ihm sehr nahe gebracht ward. Durch Ajustirung der Flamme ward nun die Temperatur des Eisendrahts bedeutend erhöht und der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt. Sogleich wurde das heisse Eisen magnetisch und zwischen den Polen gerichtet. Die Kraft war indess schwach, und in dieser Hinsicht stand der Zustand des Eisens in auffallendem Contrast mit dem, welchen es in der Kälte besitzt; allein im Charakter war die Kraft dieselbe.

2345. Das Eisen wurde nun langsam erkalten gelassen, so dass sein höherer magnetischer Zustand beobachtet werden konnte. Die Stärke der Kraft schien nicht eher zu wachsen, als bis die Temperatur zu einem gewissen Punkt gelangt war, und als nun die Hitze fortfuhr abzunehmen, erlangte das Eisen rasch, obwohl nicht instantan, seine hohe Magnetkraft; jetzt liess es sich nicht vom Magnet entfernt halten, sondern flog zu ihm, bog den Aufhängedraht und zitterte gleichsam mit magnetischer Kraft als es mit einem Ende an dem Kerne haftete.

2346. Auf dieselbe Weise wurde ein kleiner Nickelstab experimentell untersucht. Diess Metall, wie ich gezeigt habe*), verliert seinen Magnetismus für die gewöhnlichen Prüfmittel bei einer unter dem Siedpunkt des Oels liegenden Hitze, und daher ist es sehr gut geeignet zu zeigen, ob die magnetischen Metalle ihre Kraft durch Hitze gänzlich verlieren können oder nicht, und ob das Verschwinden der ganzen Kraft oder eines grösseren Theils plötzlich oder allmälig geschieht. Die Kleinheit der zu untersuchenden Masse unterstützt sehr die Bestimmung des letzteren Punkts. Bei Erhitzung wurde das Nickel bald indifferent gegen gewöhnliche Magnete; allein wie hoch auch die Temperatur war, wurde es doch vom Elektromagnet gerichtet und angezogen, die Kraft war zwar schwach; aber unzweifelhaft. Sie war kaum hinlänglich das Gewicht des Nickels durch die magnetische Wirkung allein zu tragen; war aber sehr sichtbar, wenn das Metall beschriebenermassen (2344) aufgehängt ward.

2347. Bei sorgfältiger Senkung der Temperatur des Nickels ergab sich, dass der Uebergang von einem Grad der Magnetkraft zu einem anderen allmälig war, und nicht instantan. Beim Eisen ist es schwierig, sowohl beim Erhitzen als beim Abkühlen, alle Theile so nahe in derselben Temperatur zu halten, dass man sicher sein könne, es sei nicht die Vereinigung von heisseren und kälteren Theilen, welche das Ansehen eines intermediären Grades von Magnetismus bewirke; allein beim Nickel ist diess nicht so schwer, denn der Fortgang ist allmäliger, so dass, wenn beim Erkalten die Kraft zu wachsen beginnt, das Erkalten einige Zeit fortdauern kann, ehe die volle Kraft auftritt; zu jeder Zeit in dieser Periode konnte die Temperatur ein wenig erhöht werden, und obwohl dann

*) Phil. Magazine, 1836, Vol. VIII, p. 179. (Ann. Bd. 37, S. 423.)

die Kraft etwas abnahm, liess sie sich doch auf einer Stufe, die stärker als die schwächste war, erhalten. In der That war es leicht, das Nickel auf viele intermediäre Kraftgrade zu halten, und somit jeden Zweifel an der allmäligen Annahme der vollen Kraft zu entfernen.

2348. Gestützt auf die verschiedenen Temperaturen, bei welchen die magnetischen Metalle ihre besondere Kraft zu verlieren scheinen, hab ich die Meinung ausgesprochen*), dass alle Metalle wahrscheinlich einen gleichen magnetischen Character besitzen würden, wenn man ihre Temperatur hinreichend erniedrigen könnte. Die eben beschriebenen Thatsachen scheinen mir aber dieser Ansicht ganz zu widersprechen. Die Metalle, welche magnetisch sind, halten einen Theil ihrer Kraft nach Uebergang der grossen Aenderung oder in das, was man ihren diamagnetischen Zustand nennen kann, zurück; allein andere Metalle, wie Wismuth, Zinn u. s. w., zeigen keine Spur dieser Kraft und sind daher nicht in dem Zustand des heissen Eisens, Nickels oder Kobalts; denn während diese sich axial stellen oder angezogen werden, stellen die anderen sich äquatorial oder werden abgestossen. Ich hoffe daher, es wird erlaubt sein, die damals aufgestellte Ansicht zurückzunehmen.

2349. Ich schritt nun zunächst zur Untersuchung der Eisenoxyde; in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Hrn. *Becquerel***) und Anderen fand ich, dass sie alle, natürliche wie künstliche, magnetisch sind bei gewöhnlichen Temperaturen. Ich erhitzte sie darauf in Röhren, fand sie aber noch magnetisch, und sah keine Abnahme der Kraft bei den Temperaturen, die ich ihnen zu geben vermochte.

2350. Verschiedene Proben von Nickeloxyd zeigten dieselben Erscheinungen: sie waren, kalt und warm, magnetisch. Dass die Hitze in dieser Beziehung keine Aenderung bewirkte, ist um so auffallender, weil ich dem heissen Oxyd eine Temperatur gegeben hatte, die weit höher war als die, welche nöthig ist, in dem Metalle selbst (2346) die grosse magnetische Aenderung hervorzubringen.

2351. Kobaltoxyd war auch magnetisch, und zwar gleich stark, es mochte heiss oder kalt sein. Blaues Kobaltglas ist

---

*) Phil. Mag., 1863, Vol. VIII, p. 177; ibid. 1839, Vol. XIV, p. 161. (Annalen, Bd. 37, S. 423 und Bd. 47, S. 218.)

**) Ann. de chim. et de phys., 1827, Vol. XXXVI, p. 337. (Annal. Bd. 12, S. 622.) Compt. rend., 1845, Vol. XX, p. 1708.

wegen des Gehalts an Kobaltoxyd magnetisch, sowohl heiss wie kalt. In allen diesen Fällen war die zurückgehaltene Kraft sehr schwach gegen die des reinen Metalls.

2352. Zu den Eisensalzen übergehend, fand ich auch diese magnetisch. Eisenvitriol in klaren Krystallen wurde angezogen und sehr gut axial gestellt; so auch das trockne Salz. Bei weiterem Fortgang fand ich, dass jedes Eisensalz und jede Verbindung, die Eisen als Basis enthält, magnetisch ist. Alle dem Versuch unterworfenen Substanzen aufzuzählen würde ermüdend sein, die folgenden sind als Beispiele ihrer Mannigfaltigkeit ausgewählt:

Chlorür
Chlorid
Jodid
Oxydulsulphat
Oxydsulphat
Oxydulphosphat
Oxydphosphat
Nitrat
Carbonat
Berlinerblau.

2353. Unter den natürlichen Verbindungen waren:

Sumpferz
Blutstein
Chromeisenstein
Schwefelkies
Arsenikkies
Kupferkies

und viele andere magnetisch.

2354. Grünes Bouteillenglas ist wegen des darin enthaltenen Eisens verhältnissmässig sehr magnetisch und kann deshalb nicht als Röhre zum Einschluss anderer Substanzen angewandt werden. Aus demselben Grunde ist Kronglas magnetisch. Flintglas ist dagegen nicht magnetisch und stellt sich äquatorial.

2355. Krystalle von gelbem Blutlaugensalz sind nicht magnetisch, sondern werden abgestossen und äquatorial gestellt; dasselbe ist der Fall mit rothem Blutlaugensalz.

2356. Meinen Erwartungen gemäss, waren selbst Lösungen von Eisensalzen, sowohl in Wasser als in Alkohol, magnetisch. Eine Röhre, gefüllt mit einer klaren Lösung von Oxydul- oder Oxydsulphat, oder Chlorür oder Chlorid oder *tinctura ferri muriatici*, ward von den Polen angezogen und zwischen ihnen sehr gut axial gestellt.

2357. Diese Lösungen liefern uns ein sehr wichtiges Mittel zum Fortschreiten in magnetischen Untersuchungen, denn sie setzen uns in den Stand, einen Magnet darzustellen, der zugleich flüssig, klar und, innerhalb gewisser Grenzen, zu jeglicher Stärke ajustirbar ist. Wir haben es also in unserer Macht,

einen Magnet optisch zu untersuchen, können auch Portionen magnetischer Substanz in einander bringen, und somit dynamische und andere Erscheinungen innerhalb magnetischer Media beobachten. In der That können diese Substanzen nicht bloss als Magnete in das magnetische Feld gebracht werden, sondern das Feld kann mit ihnen gefüllt werden, und dann lassen sich andere Körper und andere Magnete hinsichtlich ihrer vereinten oder getrennten Wirkung in jenen untersuchen (2361 etc.).

2358. Unter den Nickel- und Kobaltsalzen wurden reine Krystalle von schwefelsaurem Nickeloxyd, und eben so solche von schwefelsaurem Kobaltoxyd gut magnetisch befunden. Auch Lösungen von Nickelsulphat, Nickelchlorid und Kobaltchlorid waren magnetisch. Damit ich in diesen Schlüssen vollkommen sicher sei, wandte ich mich an Hrn. *Askin* von Birmingham, dessen Geschicklichkeit in Trennung des Nickels und Kobalts von einander und von den übrigen Metallen eben so bekannt ist, als der Maassstab, in welchem er diese Operationen ausführt; er versah mich mit einer Lösung von Nickelchlorid und einer von Kobaltchlorid, beide vollkommen rein; beide erwiesen sich zwischen den Polen eines Magnets gut magnetisch.

2359. Durch Erhitzung wurde die Kraft dieser Lösung nicht verringert oder verändert.

2360. Diese Resultate mit den Salzen magnetischer Metalle, vereint mit den zuvor angeführten, scheinen zu zeigen, dass die nicht-magnetischen Metalle bei keinem Temperaturwechsel magnetisch werden (2398), sondern als eine von Eisen, Nickel und Kobalt verschiedene Klasse betrachtet werden müssen; denn keine Verbindung der nicht magnetischen Metalle giebt bis jetzt irgend eine Anzeige von gewöhnlicher Magnetkraft, während diese sich in allen Verbindungen der drei letzten Metalle vorfindet.

2361. Zur Erläuterung der Hülfe, welche das Eisen und andere ähnliche Lösungen bei Untersuchung der magnetischen Phänomene darbietet (2357), so wie auch wegen des allgemeinen Schlusses, der sich aus allen in diesem Aufsatz beschriebenen Thatsachen ergiebt, will ich gewisse anticipirte Resultate beschreiben, welche bei Anwendung dieser Lösungen im magnetischen Felde erhalten wurden.

2362. Es wurde eine klare Lösung von Eisenvitriol bereitet, die in einer Unze 74 Gran der wasserhaltigen Krystalle enthielt. Eine zweite Lösung bestand aus einem Volum der ersteren und drei Volumen Wasser; eine dritte Lösung enthielt

ein Volum der stärkeren und fünfzehn Volume Wasser. Diese Lösungen will ich mit No. 1, 2 und 3 bezeichnen; die Menge der darin enthaltenen Krystalle des Eisensalzes betrug respective 16, 4 und 1 Procent. Diese Zahlen können daher als Ausdrücke (nur angenähert (2423)) der Stärke des magnetischen Theils der Flüssigkeit angesehen werden.

2363. Röhren, wie die zuvor beschriebenen (2279), wurden zubereitet, respective mit diesen Lösungen gefüllt und dann hermetisch versiegelt, dabei möglichst wenig Luft darin gelassen. Auch wurden Gläser mit den Lösungen gefüllt, gross genug, um eine freie Bewegung der Röhren darin zu erlauben, und doch von solcher Ausdehnung und Gestalt, dass man sie zwischen die Magnete bringen konnte. Auf diese Weise konnte die Wirkung der Magnetkräfte auf die in den Röhren enthaltenen Substanzen untersucht und beobachtet werden, sowohl wenn die Röhren sich in diamagnetischen Mitteln, wie Luft, Wasser, Alkohol etc. befanden, als auch in magnetischen Mitteln von stärkerer oder schwächerer Magnetkraft als die Substanzen in den Röhren.

2364. Als diese Röhren in Luft zwischen den Polen aufgehängt wurden, stellten sie sich alle, wie zu erwarten, axial oder wie Magnete, und anscheinend mit Kräften, die den Stärken der Lösungen proportional waren. Auch wenn sie sich in Alkohol oder Wasser eingetaucht befanden, nahmen sie noch dieselbe Richtung an; die stärkste Lösung sehr gut, auch noch die zweite, aber die verdünnteste Lösung war von schwacher, obwohl in ihrem Charakter sehr deutlicher Wirkung.

2365. Sehr interessant waren die Resultate, wenn die Röhren in die verschiedenen Eisenlösungen getaucht wurden. Die Röhre No. 1 (die stärkst magnetische) hatte, innerhalb der Lösung No. 1, keine Neigung unter dem Einfluss der Magnetkraft irgend eine besondere Lage anzunehmen, sondern blieb überall, wo sie war. In No. 2 gebracht, stellte sie sich gut axial, und in der Lösung No. 3 nahm sie dieselbe Richtung mit noch grösserer Kraft an.

2366. Die Röhre No. 2, innerhalb der Lösung No. 1 befindlich, stellte sich äquatorial, d. h. wie schweres Glas, Wismuth oder überhaupt ein diamagnetischer Körper in der Luft. In der Lösung No. 2 war sie indifferent, richtete sich nirgends hin, und in der Lösung No. 3 stellte sie sich axial oder wie ein magnetischer Körper. Die Röhre No. 3 mit der schwächsten Lösung stellte sich äquatorial in den Lösungen No. 1 und 2, aber gar nicht in der Lösung No. 3.

2367. Es wurden mehrere andere Eisenlösungen von verschiedener Stärke bereitet, und als allgemeines und constantes Resultat ergab sich, dass jede Röhre sich axial stellte, wenn die in ihr enthaltene Lösung concentrirter war als die umgebende, und äquatorial, wenn die Lösung in der Röhre die schwächere von beiden ausmachte.

2368. Die Röhren wurden nun senkrecht aufgehängt, so dass sie, innerhalb der verschiedenen Lösungen, dem einen der Magnetpole nahe gebracht und wie der anzeigende Würfel oder die Kugel von Wismuth oder schwerem Glase (2266) angewandt werden konnte. Das constante Resultat war, dass wenn die Röhre eine stärkere Lösung als die umgebende enthielt, sie von dem Pole angezogen ward, dass sie dagegen eine Abstossung erfuhr, wenn ihre Lösung die schwächere war. Die letzteren Erscheinungen machten sich in jeder Beziehung eben so wie die Abstossung des schweren Glases, des Wismuths oder irgend eines diamagnetischen Körpers in Luft.

2369. Nachdem ich diese Erscheinungen beschrieben habe, will ich bis zum letzten Abschnitt dieses Aufsatzes von ihrer weiteren Betrachtung abstehen und zu gewissen Resultaten übergehen, die specieller zum gegenwärtigen Theil dieser Untersuchungen gehören.

2370. Da die magnetischen Metalle, Eisen, Nickel und Kobalt, in ihren Verbindungen ebenfalls Substanzen von magnetischen Eigenschaften darstellen (2360), so schien es sehr wahrscheinlich, dass andere Metalle, hinsichtlich deren magnetischen Charakters, wegen eines möglichen Eisengehalts der untersuchten Proben, Zweifel obwalten, auf diese Weise in Bezug auf ihren magnetischen Charakter geprüft werden könnten; denn der Analogie nach schien es wahrscheinlich, dass jedes an sich magnetische Metall auch in seinen Verbindungen magnetisch sein würde, und, nach dem Charakter der grossen Klasse von diamagnetischen Körpern zu urtheilen (2275), dass kiene magnetische Verbindung von einem nicht an sich magnetischen Metalle zu erhalten wäre. Demgemäss schritt ich dazu, die Verbindungen vieler Metalle auf diese Weise zu prüfen, und somit erhielt ich die folgenden Resultate.

2371. Titan. — *Wollaston* hat die magnetischen Wirkungen von Titankrystallen beschrieben und zugleich die Vermuthung ausgesprochen, dass sie von Eisen herrühren*).

*) Philosoph. Transact., 1823, p. 400.

Ich nahm eine Probe Titanoxyd, welche ich für vollkommen eisenfrei halte, schloss sie in eine Röhre ein (2279) und unterwarf sie der Wirkung des Elektromagnets (2246. 2247). Sie erwies sich dabei ungezwungen magnetisch. Eine andere von Hrn. *Johnson* erhaltene Probe, die er für völlig eisenfrei hielt, war ebenfalls magnetisch. Ich schliesse hieraus, dass das Titan wirklich ein magnetisches Metall ist.

2372. Mangan. — *Berthier* hat meines Wissens zuerst angegeben, dass dieses Metall in sehr niedrigen Temperaturen magnetisch sei*). Als ich Proben der verschiedenen Oxyde, welche für rein gehalten wurden, der Magnetkraft unterwarf, erwiesen alle sich als magnetisch, besonders das Oxydul. Auch waren es die folgenden Manganverbindungen im reinen und trocknen oder krystallisirten Zustande: Chlorid, Sulphat, Ammonio-Sulphat, Phosphat, Carbonat und Borat; ferner die Lösungen von Chlorid, Nitrat, Sulphat und Ammonio-Sulphat. Eine Probe des Ammonio-Sulphats wurde durch Zusatz von etwas kohlensaurem Ammoniak alkalisch gemacht, gekocht und dann drei Mal sorgfältig umkrystallisirt. Auch jetzt noch waren die Krystalle, sowie die Lösung des gereinigten Salzes, vollkommen und gut magnetisch. Ich zweifle deshalb nicht, dass das Mangan, wie *Berthier* sagt, ein magnetisches Metall ist. Wenn aus dem Grade des Magnetismus der Verbindungen ein Schluss gezogen werden kann hinsichtlich der Magnetkraft des Metalls, so würde ich glauben, dass das Mangan bei hinreichend niedriger Temperatur diese Kraft in bedeutendem Maasse besitzt**).

2373. Cerium. — Ich weiss nicht, ob man bis jetzt das Cerium zu den magnetischen Metallen gezählt habe. Versuche mit dem Hydrat des Oxyduls, dem Carbonat und dem Chlorid dieses Metalls, sowie mit dem Doppelsulphat von Oxyd und Kali zeigten mir, dass diese Verbindungen alle magnetisch sind, ebenso die Lösungen derer, die löslich sind. Da nun alle diese Verbindungen unzweifelhaft magnetisch sind, so hat man Grund zu glauben, dass auch das Cerium magnetisch sein werde (2370).

2374. Chrom. — Die magnetischen Erscheinungen der Chromverbindungen sind sehr interessant. Portionen von chrom-

---

*) Traité des Essais par la voie sêche, T. I, p. 532. — Phil. Mag. 1845, Vol. XXVII, p. 2. (Annalen, Bd. 65, S. 643.)

**) Phil. Mag., 1845, Vol. XXVII, p. 2. (Ann. Bd. 45, S. 643.)

saurem und doppelchromsaurem Kali wurden durch drei sorgfältige Umkrystallisirungen gereinigt, dann wurde ein Theil des Bichromats in einem Platintiegel erhitzt, bis das zweite Aequivalent Chromsäure in krystallisirtes Chromoxydul verwandelt war, und dieses nun gewaschen und getrocknet; es zeigte sich gut magnetisch. Alle übrigen Proben von Chromoxydul, die untersucht wurden, waren es ebenfalls. Eine Probe von *Warington*'s Chromsäure erwies sich sehr schwach magnetisch.

2375. Chromsaures Bleioxyd, dem Magnet unterworfen, stellte sich äquatorial und ward abgestossen. Dasselbe war der Fall mit Krystallen von chromsaurem Kali. Krystalle von doppeltchromsaurem Kali wirkten jedoch nicht so; denn wenn sie überhaupt afficirt wurden, waren sie in sehr geringem Grade magnetisch, als Beweis vom Einfluss des vermehrten Antheils der Chromsäure. Lösungen von beiden Salzen stellten sich gut äquatorial und wurden abgestossen, dadurch den diamagnetischen Einfluss des anwesenden Wassers darthuend (2422).

2376. Wie schon angegeben, ward eine Lösung des Bichromats, in einer Röhre enthalten, äquatorial gestellt und abgestossen. Wurde aber dieselbe Lösung mit etwas Alkohol und etwas Salzsäure oder Schwefelsäure versetzt und einige Minuten erhitzt, um die Chromsäure in Oxydul oder Chlorür zu verwandeln, so fand sie sich, innerhalb der Röhre dem Magnet unterworfen, stark magnetisch.

2377. Ich glaube, es ist früher gesagt worden, Chrom sei ein magnetisches Metall. Da obige Resultate mit reinen Verbindungen des Chroms erhalten wurden, so ist meiner Meinung nach daran nicht mehr zu zweifeln.

2378. Blei. — Die Verbindungen des Bleis werden äquatorial gestellt und abgestossen. Die untersuchten Substanzen waren: das Chlorid, Jodid, Sulphuret, Sulphat, Phosphat, Carbonat, Acetat und das geschmolzene Oxyd. Eine Portion von sehr sorgfältig krystallisirtem Nitrat wurde gelöst, durch reines Zink gefällt und das erhaltene Blei mit verdünnter Salpetersäure gewaschen, um basische Salze zu entfernen. Ein solches Blei war frei von Magnetismus; und folglich gehört diess Metall zu den diamagnetischen Körpern, sowohl direct als wegen seiner Verbindungen. Gewöhnliches Blei ist magnetisch; es ist nicht leicht, das Metall in dem reinen diamagnetischen Zustande zu erhalten.

2379. Platin. — Bis jetzt habe ich noch kein bearbeitetes Stück dieses Metalls frei von Magnetismus gefunden, nicht einmal das von *Wollaston* selbst bereitete und der K. Gesellschaft hinterlassene. Proben des reinsten Platins von Hrn. *Johnson* wurden auch schwach magnetisch befunden.

2380. Sauberes Platin (Blech und Schnitzel) wurde in reinem Königswasser gelöst und die Lösung zur Trockne verdampft. Sowohl das trockne Chlorid als dessen Lösung wurde äquatorial gestellt und abgestossen vom Magnet. Ein Theil des Chlorids wurde gelöst und sauer gemacht, dann durch eine saure Lösung von salzsaurem Ammoniak gefällt und das trockne Platinchlorid-Ammoniak gewaschen und getrocknet. Auch dieses wurde vom Magnet äquatorial gestellt und abgestossen. Platinschwamm dagegen, aus diesem Chloridammoniak durch Erhitzung in einer Röhre von Flintglas dargestellt und zu einem Kuchen zusammengepresst, ward axial gestellt und an der Seite des Magnets angezogen, war also magnetisch.

2381. Für jetzt glaube ich, dass das Platin ein magnetisches Metall ist, obwohl in sehr geringem Grade, und dass in den Verbindungen die Aenderung des Aggregatzustands und die Gegenwart anderer Substanzen von diamagnetischem Character hinreichend sind, den Magnetismus zu verdecken und das Ganze diamagnetisch zu machen (2422).

2382. Palladium. — Alles im Besitz der K. Gesellschaft befindliche, von *Wollaston* bereitete Palladium, zusammen zehn Stangen und gewalzte Bleche, ist magnetisch. Proben dieses Metalls von Hrn. *Johnson*, für rein gehalten, waren ebenfalls schwach magnetisch. Das Chlorid, das Bichlorid-Ammoniak und das Cyanid des Palladiums wurden durch den Magnet äquatorial gestellt und abgestossen. Dasselbe Cyanid, durch Erhitzung entweder in offenen Platintiegeln oder in verschlossenen Glasröhren reducirt, gab ein Palladium, das in schwachem Grade magnetisch war. Einiges von *Wollaston*'s Palladium wurde in reinem Königswasser gelöst, und die Lösung langsam durch reines, eisenfreies, nicht magnetisches Zink gefällt. Fünf successiv gefällte Portionen des Metalls waren alle magnetisch. Aus derselben Lösung wurde durch reines salzsaures Ammoniak Palladiumbichlorid-Ammoniak bereitet und mit Königswasser digerirt. Das Salz selbst wurde abgestossen, war also diamagnetisch; das daraus durch Erhitzung in Glasröhren oder Kapseln von Berliner Porcellan dargestellte Palladium war

aber magnetisch. Nach allen diesen Resultaten glaube ich, dass das Palladium, obwohl schwach, doch wahrhaft magnetisch ist.

2383. Arsen. — Dieses Metall erforderte eine sehr eigenthümliche Untersuchung; selbst wenn es zwei bis drei Mal nacheinander sorgfältig sublimirt worden, zeigte es Erscheinungen, die mich es manchmal zu den magnetischen, manchmal zu den diamagnetischen Körpern stellen liessen. Aus Allem bin ich zu glauben geneigt, dass es zu den letzteren Substanzen gehört, aber nur wenig vom Null- oder Mittelpunkt entfernt liegt. Reiner weisser Arsenik wird durch einen Magnetpol ohne weiteres äquatorial gestellt und abgestossen.

2384. In Bezug auf die Stellung kurzer Stäbe zwischen Magnetpolen von breiten flachen Seiten muss ich bemerken, dass solche Stäbe sich zuweilen axial stellen und magnetisch zu sein scheinen (*when they do not belong to that class*), und dass sie von einem einzelnen Pol abgestossen werden. Die Ursache dieser Wirkung ist bereits (2298. 2299) angedeutet; man entfernt sie durch Anwendung keilförmiger oder kegelförmiger Pole.

2385. Osmium. — Osmiumsäure, von Hrn. *Johnson*, in feinen durchsichtigen Krystallen war deutlich diamagnetisch, da es abgestossen ward. Proben von dem Metall und dem Oxydul waren schwach magnetisch. Das Oxydul war erhalten durch Wirkung von Alkohol auf eine Lösung von Osmiumsäure, die zwei Mal mit Wasser destillirt worden; das Metall wurde für vollkommen frei von anderen Substanzen gehalten. Wahrscheinlich also gehört das Osmium zu der magnetischen Klasse.

2386. Iridium. — Hr. *Johnson* versah mich mit verschiedenen Iridiumpräparaten. Das Oxyd, Chlorid und Ammoniochlorid waren magnetisch; eben so verhielt sich eine Probe Metall. Ein anderes Stück des Metalls, das für sehr rein gehalten wurde, war gar nicht magnetisch; nach alle dem bin ich zu glauben geneigt, dass das Iridium nicht zur magnetischen Klasse gehört.

2387. Rhodium. — Ein wohl geflossenes Stück dieses Metalls, von *Wollaston* dargestellt, war magnetisch; allein Krystalle von Chlorid und von Natriumchlorid des Rhodiums, von demselben Physiker dargestellt, und andere von Hrn. *Johnson*, waren nicht magnetisch, sondern wurden gut äquatorial gestellt. Ich schliesse deshalb, dass das Metall wahrscheinlich

nicht magnetisch ist, oder wenn es magnetisch ist, wenig vom Nullpunkt entfernt liegt.

2388. Uran. — Uranoxyd war nicht magnetisch, Uranoxydul schwach magnetisch. Für jetzt habe ich diess Metall in die diamagnetische Klasse gestellt.

2389. Wolfram. — Das Oxyd und die Säure dieses Metalls wurden der Untersuchung unterworfen; beide stellten sich gut äquatorial. Die Säure wurde deutlich von einem einzigen Pole abgestossen; das Oxyd schien beinahe neutral zu sein. Hiernach betrachte ich für jetzt das Wolfram als ein diamagnetisches Metall.

2390. Silber — ist nicht magnetisch (2291), eben so wenig eine seiner Verbindungen.

2391. Antimon — ist nicht magnetisch (2291), auch nicht eine seiner Verbindungen.

2392. Wismuth — ist nicht magnetisch (2291), auch nicht eine seiner Verbindungen. Da ich von jedem dieser drei Metalle viele Verbindungen untersucht habe, so halte ich es für gut, an den Zusammenhang zwischen ihnen und ihren metallischen Basen zu erinnern (2370).

2393. Natrium. — Eine schöne grosse Kugel, einen halben Kubikzoll gross, wurde gut abgestossen, war also diamagnetisch.

2394. Magnesium. — Alle Verbindungen oder Salze dieses Metalls sind nicht magnetisch.

2395. Dasselbe gilt vom Calcium, Strontium, Barium, Natrium, Kalium und Ammonium.

2396. Aus dem Verhalten der Verbindungen sowohl als aus den directen Ergebnissen bei einigen der Metalle scheint es demnach, dass, ausser Eisen, Nickel und Kobalt, folgende magnetisch sind: Titan, Mangan, Cerium, Chrom, Palladium und Platin. Es ist jedoch möglich, dass es Metalle giebt, welche magnetische Kraft besitzen, aber in so schwachem Grade, wie Platin und Palladium, dass sie in ihren Verbindungen keine Spur davon zeigen. Diess kann der Fall sein mit Wolfram, Uran, Rhodium etc.

2397. Ich habe mehrere der diamagnetischen Metalle erhitzt, selbst bis zu ihrem Schmelzpunkt, aber weder in dem Charakter noch in dem Grade ihres magnetischen Verhaltens irgend eine Aenderung zu beobachten vermocht.

2398. Vielleicht mag bei einigen Metallen, deren Verbindungen gleich denen vom Eisen, Nickel und Kobalt magnetisch

sind, das Erkalten einen weit höheren Grad von Kraft in ihnen erregen, als man bis jetzt von ihnen kennt. Mangan, Chrom, Cer, Titan sind in dieser Beziehung Metalle von vielem Interesse. Osmium, Iridium, Rhodium und Uran müssen mit ihnen demselben Versuch unterworfen werden.

2399. Folgendes ist ein Versuch, einige der Metalle hinsichtlich ihrer magnetischen Kraft zu ordnen. Als Null- oder Mittelpunkt ist derjenige Zustand angenommen, wo ein Metall oder eine Substanz, was Anziehung oder Abstossung in Luft oder im Vacuo betrifft, sich indifferent verhält. Je weiter eine Substanz von diesem Punkt gestellt ist, desto entschiedener tritt seine Anziehung oder Abstossung gegen einen Magnet hervor. Nichts destoweniger wird diese Ordnung sehr wahrscheinlich bei fernerer sorgfältiger Beobachtung unrichtig befunden werden.

Magnetisch.	Diamagnetisch.
	Wismuth
	Antimon
	Zink
	Zinn
	Kadmium
	Natrium
Eisen	Quecksilber
Nickel	Blei
Kobalt	Silber
Mangan	Kupfer
Chrom	Gold
Cer	Arsen
Titan	Uran
Palladium	Rhodium
Platin	Iridium
Osmium	Wolfram

0°

6. Wirkung von Magneten auf Luft und Gase.

2400. Es war unmöglich in einer Untersuchung wie die eben beschriebene vorzurücken, ohne verschiedene theoretische Ansichten über die Wirkungsweise der die Erscheinungen hervorbringenden Körper zu fassen. Bei Ueberlegung dieser Ansichten war der anscheinende Mittelzustand, welchen die

Luft zwischen magnetischen und diamagnetischen Substanzen einnahm, vom grössten Interesse, und es führte mich hinsichtlich ihres wahrscheinlichen Einflusses zu vielen Versuchen, welche ich jetzt kurz beschreiben will.

2401. Ein dünnes Flintglasrohr, in welches gemeine Luft hermetisch eingeschlossen war, wurde, umgeben von Luft, zwischen die Magnetpole gebracht (2249) und die Wirkung der Magnetkraft auf sie beobachtet. Die Röhre zeigte eine schwache Neigung zur äquatorialen Stellung, herrührend von der Substanz der Röhre, in welche die Luft eingeschlossen war.

2402. Nun wurde die die Röhre umgebende Luft mehr oder weniger fortgenommen, zuletzt bis zu dem Grade, als es eine gute Luftpumpe zu thun im Stande war; allein wie weit auch die Verdünnung gehen mochte, so schien doch die Röhre mit Luft genau in derselben Weise afficirt zu werden, wie wenn sie von Luft von derselben Dichte umgeben war.

2403. Nun umgab ich die Luftröhre folgweise mit Wasserstoff und Kohlensäure; allein in beiden Gasen, bei verschiedenen Graden der Verdünnung, blieb die Luftröhre so indifferent wie zuvor.

2404. Hieraus erhellt also, dass zwischen dichter und lockerer Luft, auch, so weit die Versuche gehen, zwischen einem Gase oder Dampfe und einem anderen, kein merklicher Unterschied vorhanden ist.

2405. Da es nicht ganz unwahrscheinlich schien, dass die äquatoriale und axiale Körperreihe oder deren Abstossungen und Anziehungen von entgegengesetzten (converse) Wirkungen der die Körper umgebenden Mitteln abhängen möchten (2361), so begann ich nun zu untersuchen, was bei diamagnetischen Substanzen erfolgen würde, wenn man das Gas oder die Luft ihrer Umgebung an Dichte oder Natur verändere, oder was geschehen würde, wenn man die Luft mit solchen Körpern umgebe.

2406. Die Luftröhre (2401) wurde in Wasser aufgehängt, und unter der Oberfläche, durch einen Wismuthwürfel gehalten, der dicht unter dem Aufhängepunkt der Röhre befestigt war, also ihr keine Richtung geben konnte; dann, den magnetischen Kräften ausgesetzt, nahm sie sogleich eine axiale Richtung an, wie es ein Magnet gethan haben würde. Dem einen der Pole genähert, bewegte sie sich, als die Magnetkraft entwickelt ward, und schien nach Art eines magnetischen

Körpers angezogen zu werden; diess dauerte so lange, als man die Magnetkraft in Thätigkeit erhielt.

2407. In gleicher Weise wurde die Luftröhre der Wirkung der magnetischen Kraft ausgesetzt, als sie von Alkohol oder Terpenthinöl umgeben war; die Resultate waren genau dieselben wie beim Wasser. In allen diesen Fällen war die Wirkung der Luft in den Flüssigkeiten genau dieselbe wie die Wirkung eines magnetiscken Körpers in Luft. Die Luftröhre wurde auch der Wirkung des Magnets unterworfen, als sie sich unter Quecksilber befand, und auch hier stellte sie sich axial.

2408. Um die Versuche über Luft und Gase noch weiter auszudehnen, brachte ich nun diamagnetische Substanzen in diese Gase. So wurde ein Stab vom schweren Glase (2253) in einer Flasche mit Luft aufgehängt und letztere mehr oder weniger verdünnt; allein, wie zuvor bei der Luftröhre (2402), hatten diese Veränderungen keinen Erfolg. Der Stab mochte in Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit oder von solcher Lockerheit, als die Luftpumpe ihr geben konnte, aufgehängt werden: sie stellte sich dennoch äquatorial, und anscheinend immer mit demselben Grade von Stärke.

2409. Die Wismuthstange (2296) wurde in derselben Flasche aufgehängt, und die Dichtigkeit der Luft wie zuvor geändert; allein diess brachte weder in der Art, noch der Stärke nach, irgend einen Unterschied in der Wirkung des Wismuths hervor. Es wurden hierauf successiv Kohlensäure und Wasserstoffgas in die Flasche gebracht, und dieselben in verschiedenen Graden der Dichtigkeit angewandt; allein die Resultate waren dieselben. Die Wirkung des Wismuths zeigte sich nicht verändert.

2410. Ein Wismuthwürfel ward unter gewöhnlichem Druck in Luft und verschiedenen Gasen aufgehängt, möglichste Verdünnung hervorgebracht, alsdann dem einen Magnetpol genähert und seine Abstossung beobachtet; seine Wirkung war in allen diesen Fällen genau dieselbe wie in der Atmosphäre.

2411. Der Kupferstab (2323) ward senkrecht neben dem Magnetpol im Vacuo aufgehängt; allein sein Stellen, träges Bewegen und Zurückgehen war genau so wie zuvor in der Luft (2324).

2412. Röhren (2401), enthaltend respective ein Vacuum, Luft, Wasserstoff, Kohlensäuregas, schwefligsaures Gas und Aetherdampf, wurden mit Wasser umgeben und dann der

Magnetkraft ausgesetzt; sie alle stellten sich axial, und so weit ich wahrnehmen konnte mit gleicher Kraft. In Alkohol gebracht, trat derselbe Erfolg ein.

2413. Dieselben Präparate, von Luft oder Kohlensäuregas umgeben, stellten sich äquatorial.

2414. Die axiale Stellung der Röhren in der Flüssigkeit (2412) hängt ohne Zweifel von der Beziehung des Inhalts der Röhre zum umgebenden Medium ab; denn was die Substanz der Röhre betrifft, so würde sie allein eine äquatoriale Lage zu geben getrachtet haben. Bei den anderen Versuchen (2413), wo die mit Gasen gefüllten Röhren von Gasen umgeben waren, rührt die äquatoriale Stellung von diesem Effect des Glases der Röhre her, und dass dieses seine schwache Wirkung, ungestört von allen Variationen der Gase und Dämpfe, constant ausübt, ist ein Beweis, wie gleich und wie indifferent die letzteren zu einander sind.

2415. Ich hing eine Röhre voll flüssiger schwefliger Säure in schwefligsaurem Gase auf; unter dem Einfluss des Magnets stellte sich die Flüssigkeit gut äquatorial. Ich umgab flüssige salpetrige Säure mit gasförmiger salpetriger Säure; die Flüssigkeit stellte sich ebenfalls äquatorial. Ich brachte flüssigen Aether in Aetherdampf, und auch hier stellte sich die Flüssigkeit äquatorial. Als dagegen eine Röhre mit Aetherdampf in flüssigem Aether aufgehängt ward, stellte der Dampf sich axial.

2416. Bei jeder Art und Form des Versuchs nehmen also die Gase und Dämpfe eine mittlere Lage zwischen den magnetischen und diamagnetischen Körpern ein. Was für chemische oder andere Eigenschaften die Gase auch haben mögen, wie verschieden im specifischen Gewichte oder im Grade der Verdünnung sie auch sein mögen, so sind sie doch alle in ihrem magnetischen Verhalten einander gleich, und anscheinend einem vollkommenen Vacuum äquivalent. Körper, welche ausgezeichnet diamagnetisch sind, verlieren sogleich alle Spuren dieser Eigenschaft, so wie sie dampfförmig werden (2415). Es würde ungemein interessant sein zu wissen, ob ein Körper aus der magnetischen Klasse, z. B. Eisenchlorid, dieselbe Veränderung erleide.

7. Allgemeine Betrachtungen.

2417. Diess sind die Thatsachen, welche nebst denen beim Licht eine für uns neue magnetische Wirkung oder Beschaffenheit der Materie darthun. Unter dieser Wirkung stellt sich

ein längliches Stück einer solchen Materie gewöhnlich (2253. 2384) winkelrecht gegen die Linien der Magnetkraft, und diese Erscheinung kann auf die einfachere einer Abstossung der Materie durch beide Magnetpole zurückgeführt werden. Die Stellung des länglichen Stücks oder die Abstossung der ganzen Masse dauert so lange, als die Magnetkraft unterhalten wird, und hört mit deren Verschwinden auf.

2418. Bei Wirkung dieser Kraft kann der bewegte Körper entweder längs den magnetischen Linien oder quer gegen diese fortgeführt werden, längs und quer in beiden Richtungen. So lässt sich bewirken, dass zwei Stücke der Materie, die gleichzeitig dieser Kraft unterworfen werden, sich einander nähern, wie wenn sie sich anzögen, oder von einander sich entfernen, wie wenn sie sich abstiessen. Alle Erscheinungen kommen darauf zurück, dass ein Stück solcher Materie, wenn es der magnetischen Wirkung unterliegt, von stärkeren zu schwächeren Orten oder Punkten zu gehen sucht. Ist die Substanz auf allen Seiten von magnetischen Linien gleicher Kraft umgeben, so bewegt sie sich nicht, in auffallendem Gegensatz zu einem linearen elektrischen Strom unter denselben Umständen.

2419. Diese Erscheinung ist neu, nicht nur in sofern als der Magnet auf früher für indifferent gegen seinen Einfluss gehaltene Körper einwirkt, sondern sie ist neu, weil sie uns eine zweite Art der Wirkungsweise der Magnetkraft kennen lehrt. Diese beiden Arten stehen in derselben allgemeinen antithetischen Relation zu einander, wie das Positive und Negative bei der Elektricität, wie Nordheit und Südheit (*northness and southness*) bei der Polarität, oder wie elektrische und magnetische Linien bei der Magneto-Elektricität. Die diamagnetischen Phänomene sind um so wichtiger, als sie den Character von Dualität, welcher im gewissen Grade schon von der Magnetkraft bekannt war, bedeutend und in neuer Richtung erweitern.

2420. Die Materie scheint der Magnetkraft eben so allgemein unterworfen zu sein, als sie es der Schwerkraft, den elektrischen, den chemischen oder cohäsiven Kräften ist. Denn, was nicht in der Weise der gewöhnlichen magnetischen Wirkung von ihr ergriffen wird, wird es in der zuvor von mir beschriebenen Weise, sobald die Materie den starren oder flüssigen Zustand besitzt. Hiernach scheinen die Substanzen in zwei grosse Abtheilungen zu zerfallen, in die magnetischen

und in die, welche ich diamagnetische genannt habe. Zwischen diesen beiden Klassen ist der Kontrast, obwohl im Grade verschieden, so gross und direct, dass wenn eine Substanz aus der einen Klasse angezogen wird, eine aus der anderen abgestossen wird, und dass wenn ein Stab aus der einen eine gewisse Lage annimmt, ein Stab aus der anderen sich rechtwinklig darauf stellt.

2421. Bis jetzt habe ich noch keinen einfachen starren oder flüssigen Körper gefunden, der vollkommen neutral wäre, d. h. in der Luft weder angezogen noch abgestossen würde. Für die Betrachtung der magnetischen Wirkung würde es wahrscheinlich wichtig sein zu wissen, ob eine in der Natur vorkommende einfache Substanz diese Neutralität im starren oder flüssigen Zustand besitze. Unter den zusammengesetzten oder gemischten Körpern kann es deren viele geben; und da es für den Fortschritt der Experimental-Untersuchung wichtig sein kann, will ich die Principien beschreiben, nach welchen ich eine solche Substanz bereitet habe, wenn sie als umgebendes Mittel erforderlich wurde.

2422. Es ist klar, dass die Eigenschaften der magnetischen und diamagnetischen Körper hinsichtlich ihrer dynamischen Wirkungen einander entgegengesetzt sind, und dass deshalb durch eine gehörige Mischung von Körpern aus beiden Klassen eine Substanz von jedem intermediären Grad von Beschaffenheit erhalten werden kann. Schwefelsaures Eisenoxydul gehört zu der magnetischen Klasse, Wasser zu der diamagnetischen. Bei Anwendung dieser Substanzen fand ich, dass es leicht sei, eine Lösung darzustellen, die, in der Luft, weder angezogen, noch abgestossen, noch gerichtet ward. Wird sie in Bezug auf Eisen etwas verdünnter gemacht, so stellt sie sich axial im Wasser, aber äquatorial in der Luft; und durch Zusatz von mehr Eisenvitriol oder mehr Wasser lässt sie sich mehr und mehr in die magnetische oder in die diamagnetische Klasse bringen.

2423. So erhält man ein *flüssiges* Medium, welches praktisch, so weit ich sehen kann, jeden magnetischen Character besitzt, und als ein Gas, selbst als ein Vacuum wirkt. Da wir sowohl magnetisches als diamagnetisches Glas haben (2354), so ist es offenbar möglich, eine *starre* Substanz zu bereiten, welche denselben neutralen magnetischen Character besitzt.

2424. Beim gegenwärtigen unvollkommenen Zustand unserer Kenntnisse würde die Aufstellung einer allgemeinen Liste der

Substanzen etwas sehr Voreiliges sein. Die untenstehende hat daher bloss den Zweck, eine Idee zu geben, welch sonderbarer Anordnung die Körper hinsichtlich der magnetischen Kraft folgen, und um mich später darauf zu beziehen:

Eisen
Nickel
Kobalt
Mangan
Palladium
Kronglas
Platin
Osmium
'0° Luft und Vacuum
Arsen
Aether
Alkohol
Gold
Wasser
Quecksilber
Flintglas
Zinn
Schweres Glas
Antimon
Phosphor
Wismuth.

2425. Sehr interessant ist es zu bemerken, dass die Metalle an den Enden der Reihen stehen, und sich unter allen Körpern einander hinsichtlich ihrer magnetischen Beschaffenheit am stärksten entgegengesetzt verhalten. Auch ist es ein sehr merkwürdiger Umstand, dass diese Abweichungen (*differences and departures*) vom Mittelzustand in den Metallen an beiden Enden, Eisen und Wismuth, mit einem geringen Leitungsvermögen für Elektricität verknüpft sind. Zugleich muss sich der Contrast beider Metalle rücksichtlich ihrer faserigen und körnigen Beschaffenheit, ihrer Schmiedbarkeit und Spröde, aufdrängen, wenn man über den möglichen Zustand ihrer Molecüle während der Einwirkung der Magnetkraft nachdenkt.

2426. In Bezug auf die Metalle und die nicht zu dieser Klasse gehörigen diamagnetischen Körper (2286) ist es befriedigend, auf die Frage wegen der Meinung, dass alle Körper magnetisch seien wie das Eisen, eine nicht bloss negative

Antwort geben zu müssen, sondern positive Beweise zu haben, dass sie sich in einem anderen und entgegengesetzten Zustand befinden, und im Stande sind, einen sehr bedeutenden Grad von Magnetkraft aufzuwägen (2448).

2427. Wie schon angegeben, ist die Magnetkraft in ihrer Wirkung auf Körper der magnetischen und diamagnetischen Klasse so schlagend verschieden, dass sie die einen anzieht, wenn sie die anderen abstösst; und diess wissen wir nicht anders zu erklären, als durch eine Wirkung auf die Theilchen oder die Masse der Substanzen, welche sie in einen anderen Zustand versetzt. Unter diesem Gesichtspunkt ist es sehr auffallend, die Resultate mit denen, welche ein polarisirter Lichtstrahl darbietet, zu vergleichen, besonders da sich dann eine merkwürdige Verschiedenheit herausstellt. Denn wenn aus beiden Klassen durchsichtige Körper genommen werden, z. B. schweres Glas oder Wasser aus der diamagnetischen, grünes Glas oder Eisenvitriol-Lösung aus der magnetischen, so wird eine gegebene Magnetkraftlinie die Abstossung der einen und die Anziehung der anderen veranlassen; allein diese selbe Kraftlinie, welche die Theilchen so verschiedenartig afficirt, wirkt auf den durch sie gehenden polarisirten Strahl genau auf gleiche Weise in beiden Fällen; denn die beiden Körper drehen ihn in derselben Richtung (2160. 2199. 2244).

2428. Diese Betrachtung wird noch wichtiger, wenn wir sie verknüpfen mit den diamagnetischen und den optischen Eigenschaften der Körper, welche einen polarisirten Strahl drehen. So werden eine Eisenlösung und ein Quarzstück, welches auf einen Lichtstrahl drehend wirkt, beide durch den Einfluss einer und derselben Magnetkraftlinie gerichtet, die erstere axial, der andere äquatorial; allein die Drehung, welche diese zwei Körper dem Lichtstrahl einprägen, so weit sie unter dem Einfluss derselben Magnetkraft stehen, ist dieselbe für beide. Ferner ist diese Drehung ganz unabhängig von der des Quarzes und ihr in einem sehr wesentlichen Punkte ganz unähnlich; denn für sich kann Quarz den Strahl nur in Einer Richtung drehen; allein unter dem Einfluss der Magnetkraft vermag er ihn sowohl rechts als links zu drehen, je nach dem Lauf des Strahls (2231. 2232). Nimmt man zwei Stücke Quarz (oder zwei Röhren mit Terpenthinöl), welche den Lichtstrahl entgegengesetzt drehen, so wirkt die zusätzliche Drehkraft, welche sie unter der Herrschaft des Magnetismus erlangen, immer in gleicher Richtung, und diese Richtung

kann in beiden Quarzen nach der Rechten oder Linken gehen. Während dessen bleibt aber der Contrast zwischen dem Quarz, als diamagnetischem Körper, und der Eisenlösung, als einem magnetischen, ungestört bestehen. Gewisse, aus diesen Contrasten entsprungene Betrachtungen in Betreff eines Lichtstrahls, die sich mir aufgedrängt haben, hoffe ich der K. Gesellschaft vorzulegen, wenn es die Zeit mir erlaubt haben wird, sie dem Experiment zu unterwerfen.

2429. Eine Erklärung der Bewegungen diamagnetischer Körper und all der dynamischen Erscheinungen, die aus der Wirkung der Magnete auf sie entspringen, möchte sich in der Annahme darbieten, dass die magnetische Induction in ihnen einen entgegengesetzten Zustand hervorruft, wie er in magnetischen Körpern erzeugt wird, d. h. dass wenn man von jeder Körperart ein Theilchen in das magnetische Feld brächte, beide magnetisch würden, und jedes seine Axe parallel der durch sie hingehenden magnetischen Resultante stellte, doch mit dem Unterschied, dass die Theilchen des magnetischen Körpers ihre Nord- und Südpole den entgegengesetzten Polen des inducirenden Magnets zuwendeten, die Theilchen des diamagnetischen aber es umgekehrt machten. Daraus würde dann eine Näherung des einen Körpers und ein Zurückweichen des anderen erfolgen.

2430. Nach *Ampère*'s Theorie würde diese Annahme damit übereinkommen, dass, während in Eisen und dergleichen magnetischen Körpern Ströme parallel mit den im inducirenden Magnet oder galvanischen Apparat vorhandenen inducirt werden, im Wismuth, schweren Glase und den übrigen diamagnetischen Körpern Ströme von entgegengesetzter Richtung aufträten. Diess würde den Strömen in diamagnetischen Körpern gleiche Richtung geben mit denen, welche zu Anfange des inducirenden Stroms in diamagnetischen Leitern inducirt werden, und den in magnetischen Körpern gleiche mit denen, welche beim Aufhören desselben inducirenden Stromes entstehen. Hinsichtlich nichtleitender magnetischer und diamagnetischer Substanzen würde keine Schwierigkeit entspringen, weil die hypothetischen Ströme nicht in der Masse, sondern ringsum die Theilchen der Substanz angenommen werden.

2431. So weit die Erfahrung bis jetzt reicht, scheint es, dass die bekannten Inductions-Effecte auf Massen von magnetischen und diamagnetischen Metallen dieselben sind. Wenn ein gerader Eisenstab quer durch die Magnetkraftlinien

geführt, oder ein gerader oder schraubenförmiger Stab oder Draht vor einem in Thätigkeit gerathenden (Elektro-) Magnet gehalten wird, so werden elektrische Ströme inducirt, welche sich durch den Stab oder Schraubendraht in gewissen bestimmten Richtungen bewegen (38. 114 etc.). Wendet man unter denselben Umständen einen Stab oder Schraubendraht von Wismuth an, so werden ebenfalls Ströme inducirt, und genau in derselben Richtung wie im Eisen. Es ist also hier in der Richtung des inducirten Stroms kein Unterschied vorhanden, und kein sehr grosser in seiner Kraft, kein solcher in der That als zwischen den in einem dieser Metalle und einem nahe vom Neutralpunkt (2399) inducirten Strömen existirt. Dennoch ist zwischen den Bedingungen des Experiments und des hypothetischen Falls der Unterschied geblieben, dass in dem ersteren die Induction durch Ströme in der Masse auftritt, während in den letzteren, d. h. in den speciell magnetischen und diamagnetischen Effecten, die Ströme, wenn sie existiren, wahrscheinlich die Theilchen der Materie umkreisen.

2432. Das magnetische Verhalten der luftförmigen Körper ist ungemein merkwürdig. Dass Sauerstoff oder Stickstoff in der Mitte zwischen der magnetischen und diamagnetischen Klasse steht; dass er die Stelle einnimmt, die kein starrer oder flüssiger Körper einnehmen kann; dass er sein Verhalten bei keinem möglichen Grade von Verdünnung ändert, selbst wenn der von ihnen eingenommene Raum in ein Vacuum übergeht; dass dasselbe mit allen übrigen Gasen oder Dämpfen der Fall ist; dass sie nicht an einem Ende, sondern gerade in der Mitte der grossen Körperreihe stehen, und dass sie alle, von dem lockersten, dem Wasserstoff, bis zum dichtesten, der Kohlensäure, dem schwefligsauren Gas und dem Aetherdampf, sich gleich verhalten, sind so auffallende Erscheinungen, dass sie glauben lassen, die Luft müsse in der physikalischen und terrestrischen Anordnung der Magnetkräfte eine grosse und vielleicht thätige Rolle spielen.

2433. Früher glaubte ich, Luft und Gase, als Körper, die sich ohne Zusatz verdünnen lassen, würden dabei entsprechende Veränderungen in ihren magnetischen Eigenschaften zeigen, allein nun scheint bei Verdünnung all solche Kraft verloren zu gehen. Es ist zwar leicht ein flüssiges Medium darzustellen, welches mit anderen Körpern nach Art der Luft wirkt

(2422), allein es verhält sich doch nicht wahrhaft wie diese; es erlaubt keine Verdünnung, denn setzt man Wasser oder irgend eine solche Substanz hinzu, so fügt man diamagnetische Kraft zu der Flüssigkeit; und wenn es möglich wäre, das Medium in Dampf zu verwandeln und somit durch Wärme auszudehnen, so würde es in die Klasse der Gase übergehen und magnetisch nicht von dem Uebrigen zu unterscheiden sein.

2434. Sehr merkwürdig ist auch das anscheinende Verschwinden des magnetischen Zustands und Effects beim Uebergange der Körper in den Dampf- oder Gaszustand, verglichen mit dem gleichzeitigen Verhalten zum Licht; denn bis jetzt ist noch von keinem Gase oder Dampf ein magnetischer Einfluss auf den polarisirten Lichtstrahl nachgewiesen, selbst nicht mit Hülfe von Kräften, die mehr als hinreichten eine solche Wirkung bei flüssigen und starren Körpern darzuthun.

2435. Zu entscheiden, ob die negativen Resultate bei Gasen und Dämpfen davon herrühren, dass in einem gegebenen Volum eine kleinere Menge Materie vorhanden ist, oder ob sie directe Folgen des geänderten physischen Zustandes der Substanz seien, ist ein Punkt von grosser Wichtigkeit für die Theorie des Magnetismus. Ich habe hierzu einen Versuch mit Hrn. *Cagniard de la Tour*'s Aetherröhren erdacht, fürchte aber bei seiner Ausführung grosse Schwierigkeiten anzutreffen, hauptsächlich wegen der Stärke, und ebenso der Masse, welche für die Röhre nöthig ist, um der Expansion des eingeschlossenen erhitzten Aethers zu widerstehen.

2436. Vermöge ihres merkwürdigen Zustandes und ihres Verhaltens zu Körpern der magnetischen und diamagnetischen Klasse stellt die Luft sich äquatorial in den ersteren und axial in den letzteren. Wenn der Versuch diese Resultate unter der Form von Anziehung und Abstossung darstellt, bewegt sich die Luft, wie wenn sie in einem magnetischen Medium abgestossen und in einem diamagnetischen angezogen würde. Hiernach scheint es, wie wenn die Luft verglichen mit diamagnetischen Körpern magnetisch, und verglichen mit magnetischen Körpern diamagnetisch wäre.

2437. Diese Resultate habe ich als erklärt angesehen durch die Annahme, dass Wismuth und seine Gefährten absolut abgestossen werden von den Magnetpolen, und dass sie eben so abgestossen werden würden, wenn nichts anderes als der Magnet und das Wismuth an den Erscheinungen Theil nähme. So ist auch bei dem Eisen und ähnlichen Metallen

die Anziehung als das directe Resultat der gegenseitigen Anziehung zwischen ihnen und dem Magnete angesehen; ferner sind diese Wirkungen als hinreichend erachtet, um das axiale und äquatoriale Stellen der Luft, so wie ihre scheinbare Anziehung und Abstossung zu erklären; und der Effect in diesen Fällen wurde als Folge davon angesehen, dass die Luft in die Lagen wandert, welche die magnetischen und diamagnetischen Körper zu verlassen trachten.

2438. Die Erscheinungen bei Luft sind jedoch in allen diesen Fällen genau dieselben, welche mit Eisenlösungen von verschiedener Stärke (2365) erhalten wurden, wo alle Körper zu den magnetischen gehörten, und der Effect offenbar von dem grösseren oder geringeren Grade von Magnetkraft der Lösungen herrührte. Eine verdünnte Lösung stellte sich in einer concentrirten äquatorial, und ward gleich einem diamagnetischen Körper abgestossen, nicht weil er nicht durch Anziehung zu einer axialen Stellung strebte, sondern weil er zu dieser Stellung mit geringerer Kraft strebte als die umgebende Materie; demnach drängt sich die Frage auf, ob die magnetischen Körper innerhalb Luft die Abstossung und die Neigung zu der äquatorialen Stellung aus einem anderen Grunde erfahren, als dass die Luft magnetischer als sie ist und eine axiale Stellung einzunehmen sucht. Leicht begreiflich ist, dass wenn alle Körper in verschiedenem Grade magnetisch wären, sie eine einzige Reihe bildeten, in deren Mitte die Luft stände, die Erscheinungen gerade so sein würden, wie sie sind. Jeder Körper aus dem mittleren Theil der Reihe würde sich in Körpern über ihm äquatorial, und in Körpern unter ihm axial stellen: denn eine Substanz, die, wie Wismuth, von einem starken Punkt der Wirkung zu einem schwächeren geht, kann es nur thun, weil die andere Substanz, welche schon an dem Ort der schwachen Wirkung ist, an den Ort der stärkeren Wirkung zu kommen trachtet; gerade wie bei der elektrischen Induction die Körper, die am geeignetsten sind die Kraft fortzuführen, in die kürzeste Wirkungslinie gezogen werden. Und so wird Luft in Wasser und selbst unter Quecksilber zum Magnetpol gezogen, oder scheint es zu werden.

2439. Wenn aber diess die richtige Ansicht ist, die Luft wirklich unter den Körpern in der Mitte steht, so wäre zu erwarten, dass sie bei Verdünnung ihre Stelle änderte, mehr diamagnetisch würde. Wenn diess der Fall wäre, müssten Körper, die bei einem Grade von Verdünnung der Luft sich

in ihr äquatorial stellten, bei einem anderen Grad auch ihren Ort ändern und zuletzt sich axial stellen; allein diess thun sie nicht; die verdünnte Luft mag mit magnetischen oder diamagnetischen Körpern, oder selbst mit dichterer Luft verglichen werden: sie bleibt auf ihrer Stelle.

2440. Eine solche Ansicht würde auch den blossen Raum magnetisch machen, und zwar genau in demselben Grade wie Luft oder Gase. Nun kann es zwar ganz wohl sein, dass der Raum, die Luft und die Gase eine gleiche allgemeine Relation zur magnetischen Kraft besitzen; allein es scheint mir doch eine neue starke Voraussetzung, sie lieber alle als absolut magnetisch und in der Mitte der Körperreihe stehend zu betrachten, als anzunehmen, sie befinden sich im Normal- oder Nullzustand. Für jetzt bin ich daher zu der früheren Ansicht geneigt, nämlich zu der, dass die diamagnetischen Körper eine specifische, von der gewöhnlichen magnetischen antithetisch verschiedene Wirkung besitzen, und dass sie uns deshalb eine neue magnetische Eigenschaft offenbart haben.

2441. Die Stärke dieser Kraft in diamagnetischen Körpern scheint sehr gering zu sein, wenn wir sie nach ihrem dynamischen Effect beurtheilen; allein die Bewegung, welche diese Kraft erzeugen kann, ist vielleicht nicht ihr auffallendstes Maass, vielmehr ist es wahrscheinlich, dass wenn wir sie näher kennen lernen, auch andere Effecte, Anzeigen und Maasse, als die in diesem Aufsatz so unvollkommen beschriebenen, zu unserer Kenntniss gelangen, und dass selbst neue Klassen von Erscheinungen dazu dienen werden, sie und ihre Thätigkeit zu offenbaren. Wie auffallend ist nicht die schwache Kraft eines leeren Schraubendrahts im Vergleich zu der ausserordentlichen, die sie einem Stück weichen Eisens verleiht. So können wir auch hier uns Hoffnung machen auf eine analoge Entfaltung dieser bis jetzt noch so neuen Kraft. Da sie Naturkörpern gegeben ist, so kann nicht einen Augenblick angenommen werden, dass sie überflüssig oder unzulänglich oder unnöthig sei. Ohne Zweifel hat sie ihren angewiesenen Zweck, und zwar in Bezug auf die gesammte Erdkugel; und wahrscheinlich ist wegen ihrer Beziehung zu der gesammten Erde ihre Stärke nothwendig so gering (um so zu sagen) in den Portionen der Materie, die wir handhaben und dem Versuch unterwerfen. Obschon klein, wie viel grösser ist doch diese Kraft, selbst in ihren dynamischen Effecten, als z. B. die mächtige Gravitationskraft, welche das Universum

zusammenhält, wenn sie sich in Massen von derselben Grösse äussert!

2442. Mit der vollen Ueberzeugung, dass der Nutzen dieser Kraft in der Natur späterhin dargethan, und sie nicht nur als wichtig, sondern auch als wesentlich erwiesen werden wird, will ich einige flüchtige Bemerkungen aussprechen.

2443. Die Materie kann nicht von magnetischen Kräften ergriffen werden, ohne ihrerseits einen Einfluss auf diese Kräfte auszuüben. Die blosse Beobachtung kann uns überzeugen, dass wenn ein Magnet auf ein Stück weichen Eisens wirkt, das Eisen selbst vermöge des Zustands, in den seine Theilchen gerathen, die Kraft zu entfernten Punkten fortführt, und ihr in auffallendster Weise Richtung und Concentration verleiht. So mag auch hier der Zustand, welchen die Theilchen der dazwischenliegenden diamagnetischen Substanzen annehmen, gerade das sein, was die Kraft fortführt und durch sie hinleitet. In früheren Aufsätzen (1161 etc.)*) habe ich eine auf die Wirkung anliegender Theilchen gegründete Theorie der elektrischen Vertheilung aufgestellt, mit welcher ich gegenwärtig zufriedener bin als damals; ich wagte damals zu vermuthen, dass wahrscheinlich die Seitenwirkung der elektrischen Ströme, welche der elektrodynamischen oder magnetischen Action äquivalent ist, auch in ähnlicher Weise nach aussen geführt werde (1663. 1710. 1729. 1735). Damals konnte ich keinen besonderen Zustand der Zwischensubstanz oder diamagnetischen Materie entdecken; allein jetzt, da wir im Stande sind eine solche Wirkung zu erkennen, eine Wirkung, die in Körpern von so ungleicher Beschaffenheit so gleich in ihrer Natur ist, und dadurch im Charakter so gleich der Weise, in welcher die Magnetkraft alle Arten von Körpern durchdringt, und die zugleich in ihrem Dasein eben so universell als in ihrer Wirkung ist, jetzt, da gezeigt worden, dass diamagnetische Körper keine indifferente sind, setze ich mehr Vertrauen in jene Vermuthung, und möchte fragen, ob es nicht die Wirkung der anliegenden oder zunächst folgenden Theilchen sei, wodurch die Magnetkraft fortgeführt wird, und ob nicht der eigenthümliche Zustand, welchen die diamagnetischen Körper unter Einfluss der magnetischen Kraft erlangen, eben das sei, wodurch die Fortpflanzung dieser Kraft geschieht?

---

*) Philosoph. Transact., 1838, Pt. I. Klassiker, Heft 125, S. 45.

2444. Was für eine Ansicht wir von den starren und flüssigen Substanzen fassen, ob wir sie als zwei Klassen oder eine einzige grosse magnetische Klasse bildend (2424. 2437) ansehen, wird, so weit ich sehen kann, die Frage nicht berühren. Sie alle sind dem Einfluss der durch sie hingehenden Magnetkraftlinien unterworfen; und der virtuelle Unterschied in der Eigenschaft und dem Charakter wird bei zwei von verschiedenen Orten der Reihe (2424) genommenen Substanzen derselbe sein: denn es ist die differentielle Relation dieser beiden, was ihre gegenseitige Effecte bedingt.

2445. Es ist nur die Gruppe, welche Luft, Gase, Dämpfe und selbst ein Vacuum einschliesst, die eine Schwierigkeit darbietet; allein hier ist solch eine wundervolle Aenderung in der physischen Constitution der Körper, und in gewisser Beziehung sind so hohe Kräfte in ihnen enthalten (*retained by them*), während andere zu verschwinden scheinen, dass wir fast vermuthen möchten, es müsse in Bezug auf eine so universelle Kraft wie die magnetische ein besonderer Zustand angenommen werden. Die elektrische Vertheilung, eine Wirkung in die Ferne, ändert sich genugsam unter starren und flüssigen Körpern; allein wenn sie in Luft oder Gasen zur Ausübung kommt, wo sie sich am deutlichsten zeigt, ist sie in allen von gleichem Betrage (1292), auch ändert sie sich nicht dem Grade nach in der Luft, wie dicht oder locker diese auch sei (1284). Nun kann die magnetische Wirkung als eine blosse Function der elektrischen Kraft betrachtet werden, und es sollte mich nicht wundern, wenn es sich fände, dass sie der letzteren in ihrer besonderen Beziehung zu Luft, Gasen etc. entspräche.

2446. In Bezug auf die Art, in welcher die elektrische Kraft, die statische, wie die dynamische, von Theilchen zu Theilchen, wenn diese von einander entfernt sind, oder durch ein Vacuum geführt zu werden vermag, habe ich dem früher Gesagten (1614 etc.) nichts hinzuzufügen. Die Annahme, dass dies möglich sei, kann für die, welche sich bemüht haben, die Strahlung und Leitung der Wärme unter ein Princip der Wirkung zusammenzufassen, nichts Bedenkliches haben.

2447. Betrachten wir den magnetischen Zustand der Erde als Ganzes, ohne Rücksicht auf ihre mögliche Beziehung zur Sonne, und erwägen, welche ungeheure Massen von diamagnetischen Substanzen ihre Kruste bilden; bedenken wir ferner, dass magnetische Curven von gewissem Kraftbetrage und universellem Dasein durch diese Substanzen gehen, und sie

beständig in dem Zustand von Spannung und deshalb von Wirkung erhalten, welchen ich genügend dargelegt zu haben hoffe, so dürfen wir nicht zweifeln, dass dadurch für dieses System und für uns, seine Bewohner, ein grosser Zweck des Nutzens erfüllt ist, den zu ergründen wir nun das Vergnügen haben werden.

2448. Von den Substanzen, aus denen die Erdkruste besteht, gehört bei weitem der grösste Theil zu der diamagnetischen Klasse; und obwohl eisenhaltige und andere magnetische Substanzen, als kräftiger in ihren Wirkungen auch auffallendere Erscheinungen hervorbringen, so würde es doch übereilt sein anzunehmen, dass sie deshalb die Wirkung der ersteren Körper gänzlich überwältigten. Was das Weltmeer, die Seen und Flüsse, so wie die Atmosphäre betrifft, so wird deren eigenthümliche Wirkung fast durch keine der in ihnen enthaltene magnetische Substanz abgeändert werden, und, was Felsen und Gebirge anlangt, so ist deren diamagnetischer Einfluss vielleicht grösser, als man vermuthet. Ich erwähnte, dass ich durch Ajustirung von Wasser und einem Eisensalz eine in der Luft unwirksame Lösung erhielt (2422), d. h. es wurde durch gehörige Verknüpfung der Kräfte eines Körpers von jeder Klasse, Wasser und Eisensalz, die magnetische Kraft des letzteren durch die diamagnetische des ersteren gänzlich aufgehoben, und die Mischung ward weder angezogen, noch abgestossen. Um diese Wirkung hervorzubringen, war ein Zusatz von mehr als 48,6 Gran krystallisirten Eisenvitriols zu zehn Kubikzoll Wasser erforderlich (denn dieses Verhältniss giebt noch eine Lösung, die sich äquatorial stellt), eine so bedeutende Menge, dass ich sehr erstaunte, als ich die Kraft des Wassers dieselbe überwältigen sah. Es ist daher nicht ganz unwahrscheinlich, dass viele der Massen, aus denen die Erdkruste besteht, einen Ueberschuss von diamagnetischer Kraft besitzen und demgemäss wirken.

2449. Obgleich die allgemeine Anordnung der magnetischen Curven, welche unsere Erdkugel durchdringen und umgeben, denen eines sehr kurzen Magnets ähnelt, und deshalb Kraftlinien von rascher Divergenz in ihrer allgemeinen Form erzeugt, so verhindert uns doch die Grösse des Systems, irgend eine Abnahme der Kraft innerhalb kleiner Grenzen zu beobachten, so dass ein Versuch, das Streben der Substanzen von stärkeren zu schwächeren Wirkungsstellen überzugehen, an der Erdoberfläche sichtbar zu machen, wahrscheinlich fehlschlagen würde.

Der Theorie nach und auf den ersten Blick dünkt mich, muss ein Pfund Wismuth oder Wasser, gewägt am Aequator, wo die magnetische Neigung Null ist, an Gewicht verlieren, wenn sie in Breiten versetzt wird, wo eine beträchtliche Neigung herrscht; dagegen ein Pfund Eisen, Nickel oder Kobalt unter demselben Wechsel von Umständen an Gewicht zunehmen. Sollte dies wirklich der Fall sein, so würde der Balken einer empfindlichen Wage, an dessen beiden Enden eine Eisen- und eine Wismuthkugel hängen, verschiedene Neigungen an der Erdoberfläche annehmen; und es scheint nicht ganz unwahrscheinlich, dass nach solch einem Princip ein Instrument zur Messung einer der Bedingungen der erdmagnetischen Kraft construirt werden könnte.

2450. Wenn man über die Wirkung des ganzen Curvensystems auf sehr grosse Massen von Gestalt einer Platte oder eines Ringes nachdenkt, so ergiebt sich aus der Analogie mit dem magnetischen Feld, dass sie sich äquatorial stellen werden. Wäre der Saturn ein Magnet, wie es die Erde ist, und sein Ring bestände aus diamagnetischen Substanzen, so würden die magnetischen Kräfte ihn diejenige Lage zu geben suchen, welche er wirklich besitzt.

2451. Es ist ein sonderbarer Anblick, ein Stück Holz oder Fleisch, einen Apfel oder eine Flasche mit Wasser vom Magnet abgestossen oder ein zwischen den Polen aufgehängtes Baumblatt sich äquatorial stellen zu sehen. Ob in der Natur unter den Myriaden von Gestalten, die an allen Theilen der Erdoberfläche von Luft umgeben und den Magnetkraftlinien ausgesetzt sind, ähnliche Wirkungen vorkommen, ist eine Frage, die nur durch künftige Beobachtungen beantwortet werden kann.

2452. Vom Innern der Erde wissen wir nichts, aber wir haben viele Gründe zu glauben, dass es eine hohe Temperatur besitze. In Bezug hierauf habe ich vor Kurzem die Meinung geäussert, es müssten in einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche die magnetischen Substanzen ihres Vermögens, Magnetismus zu behalten oder mittelst Induction durch Ströme in der Kruste oder sonst wie magnetisch zu werden, gänzlich beraubt sein*). Dies ist offenbar ein Irrthum. Zwar ist vermuthlich richtig, dass das Eisen u. s. w. von selbst keinen magnetischen Zustand behalten kann; allein es ist nun bewiesen, dass die magnetischen Metalle und alle ihre Verbindungen bis zu einem gewissen Grad

*) Phil. Magazine, 1850, Vol. XXVII, p. 3. (Ann., Bd. 65, S. 643.)

beständig ... magnetisch
Wirkung ... legenden
hoffe, so ... wahrscheinlich
System und ... in dem
Nutzens ... die sie
haben ... Actionen

2448 ... Beziehung
steht, ... inductiver
tischen ... lässt
Substan... reichen,
Ersch... geschwächt
anzun...

gänzl... Magnetismus
Flüss... ein Theil
thüml... wir von ihr
magn... Luft, welche
und ... Stellung ein-
viellei... magnetische Hülle
durch ... ist, und sich
Luft ... Solche Be-
gehör... von Mag-
Klass... werde besser
letzter... obwohl sie
gehobe... zu prüfen,
gestoss... vorgelegt zu
von me...
Kubikzoll
noch eine ...
Menge, dass ... folgende
dieselbe über...
scheinlich, da...
besteht, einen L...
und demgemäss

2449. Oblei...
Curven, welche ...
denen eines sehr ...
linien von rascher Di...
so verhindert uns ...
Abnahme der Kraft ...
so dass ein Versuch, das ...
zu schwächeren Wirkungs...
fläche sichtbar zu machen, ...

... Wismuths
... Magnetismus
... Lugd.
... S. 266.
... Wismuth
... Bd. VIII.
... Tschin-

Zusatz.

Philosoph. Transact. f. 1847. — Pogg. Ann. Band LXX.

Gegen Ende des letzten Jahres (1845) übersandte ich der K. Gesellschaft zwei Aufsätze: »Ueber den magnetischen Zustand aller Materien«*), in welchen ich das Dasein einer für uns neuen magnetischen Wirkung festgestellt zu haben glaube, — einer in ihrer Natur antithetischen zu dem Magnetismus des Eisens in irgend einer seiner Formen und Zustände, starken oder schwachen, oder zu dem Magnetismus, welchen das Eisen in irgend einer Quantität oder unter irgend welchen Umständen erzeugen kann. Ferner habe ich gezeigt, dass alle nicht wie Eisen magnetischen Körper nach dieser neuen Wirkungsweise magnetisch sind, und dass, so wie eine Anziehung durch einen Magnet den magnetischen Zustand des Eisens, auch der kleinsten Menge, nachweist, eben so eine Abstossung das unterscheidende Kennzeichen aller derjenigen Körper ausmacht, die von Natur geeignet sind, den neuen Zustand anzunehmen und diese neue Kraftform zu entwickeln.

In einer der Pariser Akademie überreichten Note erinnert Hr. *Becquerel***) an gewisse, vom gewöhnlichen Magnetismus hervorgebrachte Resultate, die er lange vor mir gefunden, und bei welchen die Substanz sich quer gegen die Magnetaxe stellte. Ich brauche nicht das Ganze anzuführen, sondern will nur folgende Worte vom Schlusse auswählen: . »Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass die magnetischen Effecte, welche in Stahl und weichen Eisen durch den Einfluss eines Magnets hervorgebracht werden, darin von den bei allen Körpern vorkommenden abweichen, dass im ersteren die Vertheilung des Magnetismus immer der Länge nach geschieht, während sie im [illegible] Holz, Gummilack u. s. w. gewöhnlich der Quere [illegible] besonders wenn diese Substanzen zu Nadeln ge[illegible] Dieser Unterschied rührt davon her, dass, weil [illegible] in diesen Körpern schwach ist, die Reaction [illegible] auf einander vernachlässigt werden kann« [illegible] Zeit ihrer Veröffentlichung [illegible] Hr. *Becquerel* die neue Form [illegible]

[illegible] S. 1—[illegible]

bei jeder Temperatur die Fähigkeit, durch Induction magnetisch zu werden, behalten (2344 etc.). Die in der Tiefe liegenden magnetischen Massen der Erde sind, obwohl sie wahrscheinlich für sich keinen Centralmagnet bilden, doch gerade in dem Zustand, um als ein Kern von weichem Eisen gegen die sie umkreisenden Ströme oder gegen andere inducirende Actionen zu wirken, und sehr wahrscheinlich sind sie in dieser Beziehung höchst wichtig. Was unter dem Einfluss solcher inductiver Kräfte der Effect des diamagnetischen Theils sein möge, lässt sich nicht sagen; allein so weit meine Betrachtungen reichen, wird die Kraft solcher Substanzen nicht durch Hitze geschwächt (2397).

2453. Wenn die Sonne irgendwie mit dem Magnetismus der Erde zu schaffen hat, so wird wahrscheinlich ein Theil ihrer Wirkung durch das Licht bedingt, welches wir von ihr empfangen. In dieser Vermuthung scheint die Luft, welche unsere Erde umgiebt, eine höchst beachtenswerthe Stellung einzunehmen, indem sie eine durchsichtige diamagnetische Hülle bildet, die zugleich für die Strahlen durchgänglich ist, und sich quer gegen sie mit grosser Schnelligkeit bewegt. Solche Bedingungen scheinen die Möglichkeit einer Erzeugung von Magnetismus daselbst einzuschliessen. Allein ich werde besser thun, diese rohen Gedanken noch zurückzuhalten (obwohl sie sich sehr aufdrängen) und durch strenge Versuche zu prüfen, ob sie würdig seien, der K. Gesellschaft künftig vorgelegt zu werden.

Royal Institution, 1845, Dec. 22*).

---

*) 1846, Febr. 2. — Ich füge diesen Untersuchungen folgende Nachweisungen hinzu:

Brugmans beobachtete zuerst die Abstossung des Wismuths durch einen Magnet i. J. 1778. *Antonii Brugmans* Magnetismus seu de affinitatibus magneticis observationes magneticae. Lugd. Batav. 1778. § 41. (Siehe *Pogg.* Annalen, Bd. 10, S. 293.)

Le Baillif über die Abstossung eines Magnets durch Wismuth und Antimon, Bulletin universel, 1827, Vol. VII, p. 371; Vol. VIII, pp. 87, 91, 94. (*Pogg.* Annalen, Bd. 10, S. 507.)

Saigey, über den Magnetismus gewisser natürlicher Verbindungen von Eisen, und über die wechselseitige Abstossung der Körper im Allgemeinen. Ibid. 1828, Vol. IX, pp. 87, 167, 239.

Seebeck, über die magnetische Polarität verschiedener Metalle, Legirungen und Oxyde. Ibid. 1828, Vol. IX, p. 175. (Aus *Pogg.* Annalen, Bd. 10, S. 203, — wobei auch an die Beobachtungen von *Muncke*, Annalen, Bd. 6, S. 361, zu erinnern ist. *P.*)

Zusatz.

(Philosoph. Transact. f. 1847. — Pogg. Ann. Band LXX.)

Gegen Ende des letzten Jahres (1845) übersandte ich der K. Gesellschaft zwei Aufsätze: »Ueber den magnetischen Zustand aller Materien« *), in welchen ich das Dasein einer für uns neuen magnetischen Wirkung festgestellt zu haben glaube, — einer in ihrer Natur antithetischen zu dem Magnetismus des Eisens in irgend einer seiner Formen und Zustände, starken oder schwachen, oder zu dem Magnetismus, welchen das Eisen in irgend einer Quantität oder unter irgend welchen Umständen erzeugen kann. Ferner habe ich gezeigt, dass alle nicht wie Eisen magnetischen Körper nach dieser neuen Wirkungsweise magnetisch sind, und dass, so wie eine Anziehung durch einen Magnet den magnetischen Zustand des Eisens, auch der kleinsten Menge, nachweist, eben so eine Abstossung das unterscheidende Kennzeichen aller derjenigen Körper ausmacht, die von Natur geeignet sind, den neuen Zustand anzunehmen und diese neue Kraftform zu entwickeln.

In einer der Pariser Akademie überreichten Note erinnert Hr. *Becquerel* **) an gewisse, vom gewöhnlichen Magnetismus hervorgebrachte Resultate, die er lange vor mir gefunden, und bei welchen die Substanz sich quer gegen die Magnetaxe stellte. Ich brauche nicht das Ganze anzuführen, sondern will nur folgende Worte vom Schlusse auswählen: — »Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass die magnetischen Effecte, welche im Stahl und weichen Eisen durch den Einfluss eines Magnets hervorgebracht werden, darin von den bei allen Körpern vorkommenden abweichen, dass in ersteren die Vertheilung des Magnetismus immer der Länge nach geschieht, während sie im Eisenoxyd, Holz, Gummilack u. s. w. gewöhnlich der Quere nach erfolgt, besonders wenn diese Substanzen zu Nadeln geformt sind. Dieser Unterschied rührt davon her, dass, weil der Magnetismus in diesen Körpern schwach ist, die Reaction der Körpertheilchen auf einander vernachlässigt werden kann«. — Diese Worte und die Zeit ihrer Veröffentlichung (Januar 1846) zeigen hinreichend, dass Hr. *Becquerel* die neue Form

---

*) Phil. Tr. f. 1846. p. 21 (dieses Heft S. 1—60).

**) Compt. rend. (1846), T. XXII, p. 146.

oder Beschaffenheit von magnetischer Action, welche ich nachgewiesen zu haben glaube, nicht zugiebt.

In einer der Academie gemachten Mittheilung vom Juni 1846 berührt Hr. *E. Becquerel**), nachdem er die von mir entdeckte Wirkung auf das Licht bestätigt hat, die Frage von der magnetischen Wirkung aller Körper, und ist selbst zu dieser Zeit noch der Meinung seines Vaters. Ich brauche nur einige Zeilen hie und da aus dieser Mittheilung hervorzuheben, um seine Meinung zu bezeichnen. Nachdem er von *Coulomb*'s Resultaten und von denen seines Vaters i. J. 1827 gesprochen, sagt er: »Diese Versuche sind vor beinahe zwanzig Jahren angestellt, und dessen ungeachtet hat Hr. *Faraday* die Erscheinung der transversalen Stellung auf's Neue beschrieben, hat aus den Körpern, welche diese Stellung annehmen, eine neue Klasse von Substanzen gemacht und sie diamagnetische Substanzen genannt, ...«. »Ich frage mich, wie kann man unter diesen Umständen den Geist der Classification so weit treiben, sobald man einer und derselben Substanz alle verschiedenen Lagen, longitudinale, transversale und schiefe geben kann. In der That stelle man die beiden Enden zweier starken Magnete in 0,08 oder 0,12 Zoll Abstand einander gegenüber, und hänge 0,04 Zoll von ihrer Oberfläche entfernt mittelst eines Concon-fadens eine kleine Nadel von Holz oder Kupfer auf, etwa 0″,04 im Durchmesser und 1″,9 bis 2″,3 in Länge, so wird sie sich transversal stellen. Schneidet man die Nadel in zwei Stücke, theilt diese wiederum u. s. w., so haben wir zuletzt ein Fragment, welches sich in die Linie der Pole stellt. Es ist einfach ein Phänomen der resultirenden Kräfte, denn man kann einer und derselben Substanz diese verschiedenen Lagen geben, je nach ihrer Form, und indem man den Abstand von den Polen modificirt«. — Dann spricht er von der kleinen Menge Eisen, die er in gewissen Substanzen gefunden, und von seiner früheren Behauptung, »dass diese Substanzen sich als Mischungen von träger Materie und magnetischen Theilchen, oder als eisenhaltige Mischungen verhalten, und setzt hinzu: Alle diese Schlüsse bestehen noch heute in ihrer ganzen Allgemeinheit«.

Diese Schlüsse zweier gründlichen, für alle den Magnetismus betreffenden Fragen in jeder Hinsicht so urtheilsfähigen Physiker (?! — *P.*) machten mich zweierlei wegen besorgt. Fürs

*) Ibid. p. 952.

erste hielt ich es für möglich, dass ich rücksichtlich des allgemeinen magnetischen Princips, welches ich entdeckt zu haben vermeine, wirklich in Irrthum gewesen sei; und zweitens, dass, wenn ich in dieser Hinsicht auch Recht gehabt hätte, ich doch meine Resultate höchst ungenügend beschrieben haben müsste, da so competente Männer hierdurch keine bessere Ueberzeugung von derselben erlangten. Ich ging daher, meiner selbst wegen, an eine nähere Untersuchung des Gegenstandes; denn wiewohl mir das Schicksal einer von mir aufgestellten Speculation oder hypothetischen Ansicht ziemlich gleichgültig ist, so ist dies doch keineswegs der Fall in Betreff der Richtigkeit einer Angabe, die ich über ein Gesetz oder eine neue Thatsache liefere. Ich habe demnach einige Fälle der von gewissen magnetischen Körpern, wie Eisen, angenommenen transversalen Stellungen sorgfältig untersucht und will hier das allgemeine Resultat davon angeben.

Eine dünne Glasröhre von 0,25 Zoll Durchmesser und 1,4 Zoll Länge wurde mit gutem gleichförmigen Eisenoxyd (einer der von Hrn. *Becquerel* untersuchten Substanzen) sorgfältig gefüllt, an einem langen Coconfaden aufgehängt und in jegliche Lage gegen den einen Pol eines starken Elektromagnets gebracht, welchem Pol durch Aufsetzung von Eisenstücken verschiedene Formen gegeben werden konnten. Da das Eisenoxyd zuweilen einen schwachen Grad von Magnetismus annimmt und behält, so ist es nöthig, dass der Experimentator auf diese Möglichkeit achte, und sich gegen die daraus entspringenden unregelmässigen Resultate schütze.

Anfangs war der Pol des Magnets ein Kegel von 1,5 Zoll Durchmesser in der Grundfläche und mit horizontalliegender Axe. Der Cylinder von Eisenoxyd wurde dem Kegel genähert, so dass sein Drehpunkt in einer Linie mit der Axe dieses lag. Als er, innerhalb des Einflusses des Magnets, quer gegen die axiale Linie lag, behielt er diese Lage; aber diese Lage war die eines instabilen Gleichgewichts, denn kam der Cylinder nach der einen oder andern Seite schief gegen die axiale Linie zu liegen, so wurde das dem Kegel nächste Ende angezogen. Mochte er übrigens quer gegen die axiale Linie gerichtet und somit in einer instabilen Lage befindlich sein oder irgend eine andere Lage haben, so wurde der Schwerpunkt des Ganzen immer angezogen, eine Erscheinung, die sich bei einem Elektromagnet durch Unterbrechen und Herstellen des erregenden Stroms leicht darthun lässt.

Als Contrast der diamagnetischen Körper will ich bemerken, dass wenn ein ähnlicher Cylinder von Phosphor, Wismuth oder schwerem Glase genau unter ähnliche Umstände versetzt wird, die transversale Lage eine Lage des stabilen Gleichgewichts ist, er also, wenn er aus derselben abgelenkt wird, durch Schwingungen dahin zurückkehrt. Auch wird während der ganzen Zeit der Schwerpunkt der Masse abgestossen.

Nun wurde dem Magnetpol ein quadratisches Ende gegeben, dessen dem Eisenoxydcylinder zugekehrte Fläche 1,75 Zoll in Breite und Höhe enthielt. Die axiale Linie ging horizontal von der Mitte dieser Vorderfläche zu dem Schwerpunkt des Cylinders, welcher zugleich den Drehpunkt desselben bildete. Befand sich der Cylinder in einem geringeren Abstand als 0,3 Zoll von der Vorderfläche des Pols, so lag er dieser Fläche parallel, mithin transversal gegen die axiale Linie. Lenkte man ihn aus dieser Lage ab, so kehrte er in sie zurück; diese Lage war also die eines stabilen Gleichgewichts. Bei einem etwas grösseren Abstande wurde diese Lage instabil, und dafür zeigten sich zwei Lagen eines stabilen Gleichgewichts unter gleichem Winkel zu beiden Seiten der transversalen Lage, und in dem Maasse schiefer werdend als die Entfernung zunahm. Sowohl die transversalen als die schiefen Lagen liessen sich zurückführen auf die Concentration von Magnetkraftlinien an den Rändern der quadratischen Vorderfläche des Magnets. Erscheinungen, aus derselben Ursache herrührend, sind bereits in den Experimental-Untersuchungen § 2298, 2299 und 2384*) beschrieben worden.

Bei jeder Lage vor diesem Magnetpol wurde der Eisenoxydcylinder, als Masse, angezogen.

Durch Anwendung eines andern eisernen Ansatzes wurde der dem Eisenoxyd gegenüberstehende Pol in seinen horizontalen Dimensionen auf 2,5 Zoll vergrössert. Es wiederholten sich alle früheren Erscheinungen; allein der Abstand zwischen der Vorderfläche des Pols und dem Eisenoxydcylinder konnte bis zu einem Zoll und mehr vergrössert werden, ehe der Cylinder die schiefen Lagen anzunehmen anfing.

Ein dritter Ansatz bot eine Fläche von 3,5 Zoll in ihren horizontalen Dimensionen dar. Die Erscheinungen hierbei waren genau dieselben; allein der Abstand konnte bis auf 1,75 Zoll vergrössert werden, ehe der Cylinder aufhörte, der

*) Phil. Transact. 1846, p. 32 und 48. (s. Seite 17, 18 und 41.)

Fläche parallel zu sein und anfing eine schiefe Lage anzunehmen.

Zum völligen Verständnis dieser und anderer Erscheinungen, die von der Gestalt der Polfläche und von der Concentration der durch die Luft gehenden Magnetkraftlinien an den Rändern herrühren, will ich die Lagen beschreiben, welche der Eisenoxydcylinder annimmt, wenn sein Drehpunkt einen constanten Abstand von der Polfläche behält, aber von einer Seite der axialen Linie zur andern in verschiedene Lagen geführt wird. Diese sind in Fig. 3 abgebildet. Man wird daraus ersehen, dass so wie der Cylinder von der einen Seite der axialen Linien zur andern fortgeführt ward, er gegen diese Linie neigte in einer Weise und in einem Grade, wie es bei Erwägung der Concentration der magnetischen Kraft an den Rändern der Fläche leicht begreiflich wird. Dasselbe war der Fall mit der früheren Fläche von 2,5 Zoll. Sowohl das eine als das andere Ende des Eisenoxydcylinders konnte das nächste an der Polfläche sein; allein der Schwerpunkt des Cylinders ward allemal angezogen vom Magnet.

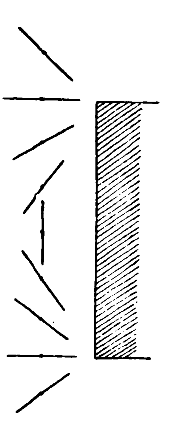


Fig. 3.

Es wurden andere Eisenoxydcylinder von verschiedener Dicke und Länge angewandt, und wenn sie an Länge kleiner waren als die gegenüberstehenden Polflächen, waren die Resultate genau dieselben.

Ein durch Eisengehalt magnetisches Papier gab beim Gebrauch dieselben Resultate.

Da ich veranlasst wurde zu glauben, dass die Zertheilung des Eisenoxyds einen bedeutenden Einfluss auf diese Erscheinungen habe, indem dadurch die Uebertragung der magnetischen Induction von Theilchen zu Theilchen verzögert und gehemmt werde, und dies von grösserem Einfluss sei als die blosse Schwäche der Magnetkraft, so nahm ich andere Substanzen, selbst schwächer magnetische als das Eisenoxyd, und bildete daraus Cylinder. Diese Substanzen waren: Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul, von Kobaltchlorid und Nickelchlorid, mit welchen dünne Glasröhren von 0,25 Zoll im Durchmesser und 1,4 Zoll in Länge gefüllt wurden. Als diese vor den Polen aufgehängt wurden, mit ihren Drehpunkten in der axialen Linie, wirkten sie nicht wie das Eisenoxyd und das Papier. Sie

konnten zwar in einer der Polhöhe parallelen Lage gehalten werden, aber dies war eine Lage instabilen Gleichgewichts; und wenn sie im Geringsten aus dieser Lage abgelenkt wurden, begann das dem Magnet zugewandte Ende sich demselben zu nähern, bis es denselben berührte, und dann blieb das Ganze unverändert. Die Wirkung war genau dieselbe wie die eines Stück Eisens, nur von weit geringerer Stärke.

Eine gesättigte Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul, verdünnt mit dem Fünffachen ihres Volums an Wasser, zeigte genau dieselben Erscheinungen als eine stärkere Lösung; und doch war ihre Magnetkraft sehr viel schwächer als die des Eisenoxyds, wie sich deutlich aus dem Abstand ergab, bis zu welchem der Schwerpunkt beider Substanzen angezogen wurde. Beim Eisenoxyd ward der Aufhängefaden zwei bis drei Mal weiter aus der lothrechten Linie abgelenkt als bei der Lösung.

Nimmt man statt des Eisenoxyds oder der magnetischen Lösungen ein Stück Eisen, so bleibt dieses nicht der Polfläche parallel oder schief, und ohne Berührung mit ihr; denn das eine Ende wird immer zur Polfläche gehen; oder wenn es sehr kurz ist und dann durch Belastung oder sonstwie an der Berührung mit dem Pol gehindert wird, richtet sich immer das eine Ende gegen den ihm nächsten Theil der Polfläche. In dieser Beziehung verhält es sich wie die magnetische Lösung und nicht wie das Eisenoxyd. Wie schwach aber auch der Magnetpol sein mag, wenn er überhaupt nur auf das Eisen wirkt, thut er es in derselben Weise. Wenn ferner der Eisendraht durch Erhitzen bis zur Rothgluth vollkommen vom Magnetismus befreit wird, kann jedes der Enden zum nächsten an der Polfläche gemacht werden.

Ein Stück Hämatit, welches nicht mit einem eisernen Werkzeug, sondern mit einem Agat oder sonst wie sorgfältig abgeschnitten ist, stellt sich nach Art des Eisens, obwohl natürlich nicht mit derselben Kraft, d. h. es nimmt weder parallel noch geneigt zur Polfläche eine stabile Lage an, berührt sie aber auch nicht; denn das eine oder das andere Ende geht immer auf das Metall des Poles zu und bleibt in Berührung mit demselben. Gepulverter und in eine kleine Röhre gebrachter Hämatit wirkt wie ganzer.

Ein Stück Bouteillenglas, welches wegen darin enthaltenen Eisens magnetisch war, wirkte als Hämatit, es mochte ganz oder gepulvert und in eine Flintglasröhre eingeschlossen sein. Es verhielt sich demnach ganz unähnlich dem Eisenoxyd.

Reines Manganhyperoxyd schien seine Stelle zwischen diesen Körpern und dem Eisenoxyd einzunehmen. Allgemein gesprochen ging das der Polfläche nächste Ende auf diese zu und blieb daselbst; allein wenn das eine Ende dem Rande der Fläche und das andere nahezu der Mitte gegenüberstand, während der Magnet in Thätigkeit gesetzt wurde, so wich das letztere Ende, ungeachtet es näher war als das erstere, zurück, und dieses kam heran und blieb im Contact. War das letztere Ende das nähere, so näherte es sich vom Anfange an, und es gab für die Röhre keine stabile Lage, in welcher sie der Polfläche ganz oder nahe parallel war, und keins der Enden die Fläche berührte.

Ein Stück dicken Platindrahts wirkte wie Hämatit und grünes Glas, und nicht wie Eisenoxyd in *Becquerel*'s Versuch. Platinschwamm, in eine Röhre gestampft, wirkte wie Manganhyperoxyd, indem es gleich diesem in gewissen Lagen die Anfänge einer Wirkung, ähnlich der des Eisenoxyds, zeigte.

Bei allen diesen Körpern wurde der Schwerpunkt vom Magnet angezogen, neben welchen Theil seiner Polfläche sie auch gebracht wurden. Niemals zeigte sich etwas einer Abstossung Aehnliches.

Nun kann ich nicht einsehen, wie es eine Schwierigkeit haben kann, alle diese verschiedenen Lagen der gewöhnlichen Wirkung von Magneten auf gewöhnlich, d. h. wie Eisen, magnetisirte Substanzen zuzuschreiben. Alles hängt ab von der Gestalt und Grösse der Pole, von der Ganzheit, oder mehr oder weniger vollständigen Zertheilung der magnetischen Substanz; denn eine Substanz, welche viel schwächer magnetisch ist als Eisenoxyd, wie z. B. Nickellösung, Eisenlösung oder Platinmetall, wirkt nicht als Eisenoxyd, sondern als metallisches Eisen. Doch bestehen die Erscheinungen immer in Anziehungen; denn nicht nur der Schwerpunkt der ganzen Masse wird angezogen, sondern es werden auch die Theile des Eisenoxydcylinders und anderer magnetischer Substanzen in die Lagen gebracht, welche ihnen die Resultanten der Anziehungskräfte nothwendig geben würden. Dies ist genau das Umgekehrte was bei diamagnetischen Körpern geschieht, denn bei diesen wird der Schwerpunkt der ganzen Masse abgestossen; und was für eine Gestalt die Masse auch haben möge, nehmen doch ihre Theile diejenigen Lagen an, welche der Richtung und Stärke der Abstossungskraft am besten entsprechen.

Alle Ungewissheit und Zweifelhaftigkeit kann in Fällen wie

die obigen entfernt werden, wenn man sich eines einzigen Pols, sei er kegelförmig, keilförmig oder rund, bedient. Freilich, wenn man einen Eisendraht von zwei bis drei Zoll Länge mit seiner Mitte nahe an den Scheitel eines kegel- oder keilförmigen Pols bringt, stellt er sich rechtwinklig gegen die Axe des Kegels oder Keils und schwankt daselbst wie ein Wagebalken; und ein Cylinder von Wismuth, Phosphor oder schwerem Glase nimmt unter gleichen Umständen eine ähnliche Lage an. Allein kein Physiker (*Magnetician*) wird diese Erscheinungen auch nur einen Augenblick mit jenen verwechseln, denn er wird sogleich sehen, dass das Eisen als Masse angezogen und das Diamagneticum als Masse abgestossen wird. Und nimmt er zur Beobachtung Kugeln von Eisen, Eisenoxyd oder Eisenlösung einerseits, und von Wismuth, Phosphor, Kupfer, oder Holz andererseits, so hat er die Erscheinungen in der einfachsten und fundamentalen Form vor sich; denn die magnetischen Körper werden angezogen und die diamagnetischen abgestossen.

Ich kann keinen Fall von transversaler Lage finden, der sich nicht der einen oder andern der obigen beiden Arten anreihen liesse, d. h. der nicht entweder ein magnetisches oder diamagnetisches Resultat wäre. Selbst in Betreff der Wirkungen des gewöhnlichen Magnetismus in Eisenoxyd und ähnlichen Körpern sehe ich keinen Grund, der Angabe des Hrn. *Becquerel* beizutreten, dass die Vertheilung des Magnetismus in transversaler Richtung zu erfolgen strebe. Mir scheint, dass in diesen Fällen die Discontinuität der Masse, verbunden mit dem (schwachen) Grade von Magnetkraft in diesen Substanzen, die Uebertragung der Kraft, mittelst Vertheilung (*induction*) oder Leitung von Theilchen zu Theilchen, in demselben Masse verhindere, als wenn Continuität vorhanden wäre, und dass so consecutive Pole in kurzen Abständen und verschiedenen Richtungen erzeugt werden. Das ist der Grund, weshalb Eisen- oder Nickellösung oder Platin sich nicht wie Eisenoxyd verhält, sondern, obwohl schwächer an Magnetkraft als dieses, wie metallisches Eisen wirkt.

Kennte man nicht das merkwürdige Verhalten des Vacuums und der gasigen Körper, bei welchem ich eben deshalb in den Experimental-Untersuchungen (2432)*) länger verweilt habe, so könnte es zweifelhaft sein, ob nicht diejenigen Körper, welche ich diamagnetische genannt habe, genau dieselbe Einwirkung

---

*) Siehe, S. 52 dieses Heftes.

erlitten wie die magnetischen, und das Resultat, sei es eine Anziehung oder eine Abstossung, bloss hervorgehe aus einem graduellen Unterschied zwischen dem beobachteten Körper und dem umgebenden Medio (2438 etc.). Allein ich kann das Vacuum nicht anders als für einen Nullpunkt in den Anziehungs- und Abstossungs-Erscheinungen halten; und da magnetische Körper angezogen und diamagnetische abgestossen werden durch einen Magnet (2406, 2436), wenn sie vom Vacuum umgeben sind (*when surrounded by and in relation to it*), so glaube ich, dass diese Zustände zwei antithetische Formen der Magnetkraft darstellen. Das ist die in meinen Abhandlungen ausgesprochene Ansicht, die ich, trotz meiner grossen Achtung vor dem Urtheil der HH. *Becquerel*, durch die Thatsachen ermuthigt noch gegenwärtig aufrecht halte*).

Wenn schweres Glas der Einwirkung eines kräftigen Elektromagnets unterworfen wird, so erlangt der Strahl das Maximum seiner Drehung nicht auf einmal, sondern erst nach einer merklichen Zeit (Experimental-Untersuchung, § 2170 — Klass. Heft 136, S. 32); ich habe dies einer allmäligen Zunahme der Kraft des Magnets und einer entsprechenden Verstärkung

*) Ich erlaube mir hier einen ähnlichen Punkt der statischen Elektricität zur Sprache zu bringen. Ich bin oft nach Beweisen für das Dasein eines absoluten natürlichen Nullpunkts zwischen positiver und negativer Elektricität befragt worden, und in Bezug auf Hrn. *Peltier*'s Ansicht, dass die Erde negativ sei gegen den sie umgebenden Himmelsraum, der andererseits positiv sei, hat man gegen mich bemerkt, dass wenn alle Theile eines Stücks ihrer Oberfläche (*its plane surface*) gleich stark negativ wären, wir auf dieser Oberfläche nicht sagen könnten, dass sie sich nicht im Nullzustand befände. Dies ist aber nicht der Fall. Eine wirklich negative Fläche kann zwar, in Vergleich zu einer stärker negativen, positiv erscheinen, und eben so kann sie als im Nullzustand befindlich erscheinen gegen zwei andere Flächen, von denen die eine stärker negativ und die andere schwächer negativ und selbst positiv ist. Allein in Bezug auf einen Normalzustand zeigt sich ihr Zustand sogleich, und diesen Normalzustand liefert ein jedes Metallgefäss durch seine Innenseite, wenn durch die Gestalt und Tiefe des Gefässes der äussere Einfluss ausgeschlossen ist. Ein solches Gefäss zeigt innen stets denselben Normalzustand, welch eine Ladung seine Aussenfläche auch haben mag. Und wenn man den Zustand der Erdoberfläche mit der Innenseite eines solchen Gefässes vergleicht, was mittelst Probescheibchen, wie sie *Coulomb* anwandte, leicht gethan ist, so kann Jeder ermitteln, ob die Erdoberfläche im negativen Zustand oder im Nullzustand befindlich sei.

der Wirkung dieser Kraft auf das Glas zugeschrieben. Hr. *E. Becquerel* stimmt in dieser Erklärung nicht mit mir überein, sondern meint, die Erscheinung rühre davon her, dass die Theilchen des Diamagneticums Zeit gebrauchten, ihren neuen Zustand anzunehmen. Auch ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass sie Zeit dazu gebrauchen; ich kenne keinen Zustand, dessen Erlangung nicht Zeit erforderte. Allein diese Zeit ist höchst wahrscheinlich bei diamagnetischen Körpern ausserordentlich gering, und dass die von mir erwähnten Erscheinungen nicht aus solcher Ursache entspringen, lässt sich, glaube ich, durch zwei Betrachtungen zeigen. Fürs Erste ist durch andere Erscheinungen, z. B. durch die Induction von Strömen u. s. w., hinlänglich bekannt, dass die Elektromagnete Zeit gebrauchen, um unter der Wirkung eines gegebenen elektrischen Stroms das Maximum ihrer Kraft zu entwickeln. Ich habe gezeigt, dass die Drehung des Strahles wachsen muss, so lange der Magnet an Kraft zunimmt; und ich habe gefunden, dass das Vermögen, Ströme zu induciren, gleichzeitig mit dem Wachsen der Drehung vorhanden ist. Dann kommt in Betracht, dass wenn man das Diamagneticum nicht der Wirkung eines Elektromagnets, sondern der eines schraubenförmigen Stroms unterwirft, die Drehung des Strahls nicht mehr allmählich zunimmt, sondern augenblicklich ihr Maximum zeigt (Experimental-Untersuchungen, § 2195). Das sind meine Gründe, weshalb ich bei der in meiner Abhandlung gegebenen Erklärung beharre.

Allein bei so neuen Gegenständen, wie diese, muss unvermeidlich über manche Punkte eine Meinungsverschiedenheit entspringen, und das ist sogar gut, da dies veranlasst die Thatsachen genauer zu erforschen. Ich lasse daher auch für jetzt manche streitige Punkte zwischen mir und Anderen bei Seite, in dem Glauben, dass die Untersuchungen sich rasch häufen, und durch sie in wenigen Jahren die Thatsachen sowohl als die Ansichten festgestellt werden.

Zusatz.

Ueber die diamagnetischen Eigenschaften der Flamme und der Gase.

(Philosoph. Transact. f. 1848. — Pogg. Ann. Band LXXIII.)

Kürzlich empfing ich vom Prof. *Zantedeschi* einen von ihm veröffentlichten Aufsatz, worin ein Bericht über die von *P. Bancalari* gemachte Entdeckung des Magnetismus (Diamagnetismus) der Flamme und die dadurch veranlassten Versuche *Zantedeschi's*, welche die Thatsache bestätigen, und zeigen, dass die Flamme aus der die Magnetpole verbindenden axialen Linie fortgestossen wird. Ich sende Ihnen den Aufsatz, damit Sie ihn, wenn er Ihnen so wichtig erscheint wie mir, in das *Philosophical Magazine* aufnehmen mögen, und zugleich erhalten Sie meinerseits diese experimentelle Bestätigung und Erweiterung. Da Hr. *Zantedeschi* seine Resultate der Oeffentlichkeit übergeben hat, so hielt ich mich für befugt, über den Gegenstand zu arbeiten, der mich natürlich ungemein interessirte. Was ich beschreiben werde, wird vermuthlich nur bestätigen, was in Italien oder anderswo beobachtet worden ist, und in diesem Falle hoffe ich entschuldigt zu sein; ein zweites Zeugniss für eine so wichtige Thatsache ist übrigens keineswegs überflüssig und kann im gegenwärtigen Falle Andere veranlassen, die neue, durch die diamagnetischen Körper eröffnete Bahn der Forschung thätig zu betreten.

Ich fand alsbald das Hauptresultat des Diamagnetismus der Flamme bestätigt, und begreife kaum, wie ich dasselbe nicht schon vor Jahren beobachtet habe. Vermuthlich habe ich es in auffallenderer Weise gesehen als es in *Zantedeschi's* Aufsatz angegeben ist, und daher will ich die Gestalt und Anordnung der wesentlichen Theile meines Apparats beschreiben. Der angewandte Elektro-Magnet war einer der in den Experimental-Untersuchungen beschriebenen (2247). Die beiden eisernen Ansätze, welche die Pole bildeten, hielten jeder 1,7 Zoll im Quadrat und 6 Zoll in Länge; ihre Enden hatten nahe die Gestalt eines Kegels, dessen Seiten einen Winkel von etwa 100° bildeten, und dessen Axe horizontal und in der oberen Fläche der Eisenstücke lag. Der Scheitel eines

jeden Endes war abgerundet und solchergestalt beinahe ein Zehntelzoll vom Kegel abgenommen. Wenn diese Enden einander nahe gebracht sind, geben sie eine kräftige Wirkung in dem magnetischen Felde, dessen axiale Linie natürlich horizontal und mit der oberen Fläche der Stäbe beinahe im Niveau liegt. Ich habe diese Form zu einer grossen Mannigfaltigkeit von Versuchen ungemein vortheilhaft gefunden.

Als die Flamme einer Wachskerze nahe an die eine oder andere Seite der axialen Linie gebracht worden, etwa zu einem Drittel über die obere Fläche der Pole hervorragend, wurde die Flamme bei Erregung der Magnetkraft sogleich ergriffen; sie wich aus der axialen Linie, bewegte sich äquatorial, und nahm eine geneigte Lage an, wie wenn ein sanfter Wind sie aus der aufrechten Stellung ablenkte. Diese Erscheinung verschwand sogleich wie der Magnetismus aufgehoben ward.

Der Effect erreichte nicht instantan sein Maximum, sondern erst allmälig. Bei Entfernung des Magnetismus hörte er sehr schnell auf. Der steigende Anwuchs entspringt aus der allmäligen Erzeugung von Strömen in der Luft um das magnetische Feld, welche, nach dem Eintreten der magnetischen Zustände, in Gegenwart der Flamme gebildet werden.

Als die Flamme so gestellt ward, dass sie genau quer durch die Magnetaxe ging, wurde sie zwischen den Polspitzen vom Magnetismus comprimirt; sie wich in der axialen Linie von den Polen gegen die mittlere Querebene zurück und verkürzte auch ihre Höhe. Zugleich brannten die Spitze und die Seiten der comprimirten Theile lebhafter, weil zwei Luftströme von den Polen aus an beiden Seiten direct gegen die Flamme getrieben wurden und darauf mit ihr in äquatorialer Richtung entwichen. Es fand jedoch gleichzeitig eine Abstossung oder Abweichung der Flammentheile von der axialen Linie statt. Denn die unterhalb befindlichen Theile stiegen nicht so schnell auf wie zuvor, und beim Aufsteigen nahmen sie auch eine geneigte und äquatoriale Richtung an.

Als die Flamme etwas mehr gehoben wurde, hatte die Magnetkraft die Wirkung, dass sich die eben beschriebene Erscheinung verstärkte, und die Flamme die Gestalt eines quer gegen die Magnetaxe gestellten Fischschwanzes annahm.

Hob man die Flamme so weit, dass etwa zwei Drittel von ihr über die axiale Linie kamen, und näherte die Pole einander so stark (etwa 0,3 Zoll), dass sie den in der axialen Linie liegenden Theil zu erkälten und zu comprimiren begannen,

ohne jedoch ein freies Aufsteigen zwischen ihnen zu hindern: dann wurde, bei Erregung des Magnets, die Flamme noch mehr comprimirt und verkürzt; und als die Wirkungen ihr Maximum erreichten, bog sich die Spitze zuletzt herab, und die Flamme stieg nicht mehr zwischen den Magnetpolen auf, sondern breitete sich rechts und links von der axialen Linie aus, eine Doppelflamme mit zwei langen Zungen bildend. Längs dem oberen ausgebreiteten gabelförmigen Rande war diese Flamme sehr hell, indem sie daselbst angefacht wurde durch einen Luftstrom, welcher zwischen den Polen auf diesen Theil der Flamme herabsank und sie in der That in äquatorialer Richtung forttrieb.

Als der Magnet ausser Thätigkeit gesetzt ward, nahm die Flamme auf einmal ihre aufrechte Stellung zwischen den Polen wieder an; und bei Erneuerung der magnetischen Wirkung wurde sie wieder herabgedrückt und zertheilt.

Als eine kleine Flamme von ungefähr 0,33 Zoll Höhe zwischen die Pole gebracht ward, verflachte die Magnetkraft sie augenblicklich zu einer äquatorialen Scheibe.

Wenn ein nussgrosser Ball von Baumwolle auf einen Draht gesteckt, mit Aether getränkt und angezündet wird, so giebt er eine Flamme von sechs bis sieben Zoll Höhe. Diese grosse Flamme stieg ungehindert zwischen den Polen in die Höhe; so wie aber der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, theilte sie sich in zwei Flammen, die eine auf dieser, die andere auf jener Seite der axialen Linie.

Dies ist die allgemeine und sehr auffallende Erscheinung, welche durch magnetische Wirkung auf die Flamme hervorgebracht werden kann, und deren Entdeckung wir Hrn. *Bancalari* verdanken.

Ich bestätigte die von Hrn. *Zantedeschi* erhaltenen Resultate an verschiedenen Flammen und fand, dass die von Alkohol, Aether, Steinkohlengas, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor und Kampher alle in derselben Weise, obwohl anscheinend nicht in gleicher Stärke afficirt wurden. Die hellsten Flammen schienen am meisten ergriffen zu werden.

Die Hauptresultate lassen sich in einer in mancher Hinsicht auffallenderen und lehrreicheren Weise zeigen, wenn man eine rauchende Kerze anwendet. Man lässt eine Kerze von mit Grünspan gefärbtem Wachs eine Minute lang aufrecht brennen und bläst sie nun aus, wo sie dann gewöhnlich oben auf dem Docht noch fortglimmt, manchmal eine Stunde und

länger, und einen schmalen Strom von dichtem Rauch aussendet, welcher in einer ruhigen Atmosphäre sechs bis acht Zoll hoch emporsteigt und in einer bewegten Atmosphäre jede Veränderung der Bewegung, sowohl der Richtung als der Stärke nach anzeigt. Wenn die Kerze unter die Pole gehalten wird, so dass der Rauchstrom etwas neben der axialen Linie vorbeigeht, so wird der Rauch kaum von der Magnetkraft afficirt, sobald die Kerze drei bis vier Zoll unter den Polen ist; so wie man aber die Kerze hebt, so dass der verkohlte Docht (*coal*) nicht mehr als einen Zoll unterhalb der axialen Linie ist, so wird der Rauchstrom stärker afficirt, nämlich auswärts gebogen; und bringt man sie noch höher, so giebt es einen Punkt, bei welchem der Rauch den Draht selbst in horizontaler Richtung verlässt, um äquatorial zu gehen. Hält man die Kerze so, dass der Dampfstrom durch die axiale Linie geht, und verändert nun die Abstände wie zuvor, so zeigt sich wenig oder keine merkliche Wirkung, so lange der Docht vier Zoll darunter ist; hebt man ihn aber, so dass die warmen Theile des Rauches zwischen die Pole kommen, so strebt er, sich zu theilen; und wenn der glimmende Docht etwa einen Zoll unter der axialen Linie ist, steigt der Rauch senkrecht in einer Säule empor, bis er etwa zwei Drittel jenes Abstandes überschritten hat, dann theilt er sich, geht rechts und links und lässt den Raum zwischen den Polen klar. So wie man die Kerze langsam hebt, geht die Theilung des Rauches weiter hinab, tritt weiter unten ein, bis sie, bei einem Abstand von 0,4 bis 0,5 Zoll unterhalb der axialen Linie, auf dem Dochte selbst stattfindet. Wird die Kerze noch mehr gehoben, so ist der magnetische Effect so gross, dass er den Rauch nicht bloss theilt, sondern ihn auch zu beiden Seiten des glimmenden Dochts herabsenkt, ihm einigermassen die Gestalt des Buchstaben W giebt. Zugleich wird der glimmende Docht obenauf bedeutend heller durch den auf ihn herabgesandten Luftstrom. Bei diesem Versuch müssen die Magnetpole etwa 0,25 Zoll von einander stehen.

Ein glimmendes Stück Feuerschwamm oder ein glimmender Holzsplitter giebt dieselbe Wirkung.

An einem kleinen glimmenden Docht (*small spark*) mit Rauchsäule habe ich auch die Wirkung eines gewöhnlichen Magnets dargethan. Es war ein guter Magnet, dessen Pole nahe zusammen und konisch gestaltet waren.

Bevor ich die Beschreibung der allgemeinen Erscheinungen verlasse und zur Betrachtung der Principien der dabei statt-

findenden magnetischen Wirkung übergehe, muss ich sagen, dass ein einzelner Magnetpol ähnliche Wirkungen auf Flamme und Rauch ausübt, allein weit weniger auffallende und beobachtbare.

Obwohl die Erscheinung bei der Flamme so augenfällig ist, so ist doch auf den ersten Blick nicht klar, was die Hauptursache oder Ursachen desselben sind. Die Hitze der Flamme ist die augenscheinlichste und wahrscheinlichste Bedingung; allein es giebt andere Umstände, die eben so sehr und noch mehr von Einfluss sind. Während der Zeit findet ein chemischer Vorgang statt; — starre Substanz, die als diamagnetisch bekannt ist, existirt in mehren der angewandten Flammen; und zwischen der Substanz der Flamme und der umgebenden Luft besteht ein grosser Unterschied. Nun mögen einige oder alle diese Umstände der Temperatur, der chemischen Action, der Starrheit eines Theils der Substanz, und der Verschiedenheit der Zusammensetzung rücksichtlich der umgebenden Luft, zur Hervorbringung und Abänderung des Resultates beitragen.

Ich brachte die Drähte eines Elektrometers und auch eines Galvanometers in verschiedene Theile der afficirten Flamme, konnte aber hierdurch keine Anzeige von Elektricitäts-Erregung erlangen.

Ich untersuchte, ob, bei Abwesenheit der Flamme oder Hitze, in der Nähe der axialen Linie irgend ein Luftstrom vorhanden sei, indem ich den sichtbaren Nebel anwandte, welcher sich bildet, wenn Papierstückchen (*pellets of paper*), in concentrirte Ammoniakflüssigkeit und Salzsäure getaucht, neben einander gehalten werden. Ich fand zwar, dass die Magnetkraft auf solchen Rauch schwach einwirkte, überzeugte mich jedoch, dass keine Strömung oder Bewegung von gemeiner Luft, als solcher, zwischen den Polen vorhanden war. Der Rauch seinerseits war schwach diamagnetisch, vermöge der starren Theilchen darin, wie ich glaube.

Allein wenn eine Flamme oder glimmende Kerze gebraucht wird, werden, unter günstigen Umständen, starke Ströme in der Luft erregt. Befindet sich die Flamme zwischen den Polen, so nehmen diese Ströme ihren Lauf längs den Polen, verlassen sie an den gegenüberstehenden, durch die axiale Linie verbundenen Flächen, gehen parallel dieser axialen Linie, stossen auf die entgegengesetzten Seiten der Flamme, und indem sie ihr zur Nahrung dienen, machen sie einen Theil von ihr aus, und entfernen sich äquatorial. Wenn die Flamme, durch

die Kraft dieser Ströme auseinandergetrieben, sich zurückzieht, folgen ihr die Ströme; und wenn die Flamme gegabelt wird (*is forked*), bildet die zwischen den Polen befindliche Luft einen Strom, welcher von den Polen aus unter- und seitwärts gegen die Flamme geht. Ich meine nicht, es wandere die Luft in jedem Falle längs der Oberfläche der Pole oder längs der axialen Linie oder selbst vom Zwischenraum der Pole aus (*from between the poles*); denn im Fall man eine glimmende Kerze etwa einen halben Zoll unterhalb der axialen Linie hält, ist es die zunächst der Kerze und im Allgemeinen zwischen ihr und der axialen Linie befindliche kalte Luft, welche mit grösster Kraft auf sie herabsinkt. In der That, die Bewegungen der Theile der Luft und der Flamme entspringen aus einer Verschiedenheit der Wirkung. Wir werden nämlich sehen, dass die Luft diamagnetisch ist, so gut wie die Flamme und der heisse Rauch, d. h. beide streben, zufolge des allgemeinen Gesetzes, welches ich in den Experimental-Untersuchungen (2267 etc.)*) angegeben habe, sich von stärkeren Orten der Magnetkraft nach schwächeren zu bewegen; allein heisse Luft und Flamme mehr als kalte und kältere Luft. Befinden sich demnach Flamme und Luft oder Luft von verschiedener Temperatur gleichzeitig innerhalb eines Raumes unter dem Einfluss von Magnetkräften verschiedener Stärke, so werden die heisseren Theilchen sich von den Orten der stärkeren Wirkung zu denen der schwächeren zu begeben suchen, um von den kälteren Theilchen ersetzt zu werden. Die ersteren werden also abgestossen, und die dabei entstehenden Ströme sind Erzeugnisse dieser Wirkung, vereint mit der mechanischen Kraft oder Strömung, welche die Flamme durch ihre gewöhnliche Wirkung auf die Atmosphäre hervorruft.

Es wird einleuchten, dass ich die Flamme nur als einen besonderen Fall eines allgemeinen Gesetzes betrachtet habe. Es ist ein höchst wichtiger und schöner Fall, er hat uns zur Entdeckung des Diamagnetismus der gasigen Körper geführt; allein es ist ein verwickelter, wie ich jetzt zeigen werde, indem ich einige seiner Umstände zergliedere und deren Einfluss sondere.

Um die Wirkung der blossen Hitze auf die diamagnetische Beschaffenheit der Flamme zu untersuchen, befestigte ich eine kleine Schraube (*helix*) von dünnem Platindrahte an zwei

*) Pogg. Annalen, Bd. 69, S. 296.

dickere Kupferdrähte, um sie in eine gegebene Lage gegen die Magnetpole bringen, und zugleich durch eine *Volta*'sche Batterie nach Belieben in's Glühen versetzen zu können. Auf diese Weise ersetzte sie die brennende Kerze, indem sie einen stark erhitzten und zugleich chemisch unveränderten Luftstrom gab. Als der Schraubendraht gerade unter die axiale Linie gestellt ward, stieg die erhitzte Luft frei zwischen den Polen empor, wie sich dies beim Darüberhalten eines Thermometers oder eines Fingers oder eines Papiers, das verkohlt wurde, ergab. Sobald aber der Magnet in Thätigkeit gesetzt wurde, theilte sich die heisse Luft in zwei Ströme, die an den beiden Seiten der axialen Linie emporstiegen; allein zwischen den Polen bildete sich ein niedersinkender Strom, der hinabging zum Schraubendraht und zur heissen Luft, welche aufstieg und seitwärts von jenem vorbeiging.

Es ist daher vollkommen klar, dass heisse Luft diamagnetisch gegen kalte ist oder diamagnetischer als sie. Aus dieser Thatsache zog ich den Schluss, dass Luft, erkaltet bis unter die umgebende Temperatur, sich der Magnetaxe nähern oder gegen gewöhnliche Luft magnetisch sein werde. Ich machte mir einen kleinen Apparat, in welchem eine senkrechte Röhre, die Luft lieferte, durch ein mit Kältemischung gefülltes Gefäss geleitet war; das letztere ward mit Flanell bekleidet, damit die äussere Luft nicht erkältet und somit das magnetische Feld nicht verletzt würde. Der centrale Strom von kalter Luft wurde ein wenig seitwärts von der axialen Linie herabgeleitet, in eine Röhre, versehen mit einem empfindlichen Luftthermometer, welches die Wirkung anzeigte. Als der Magnet in Thätigkeit versetzt wurde, hörte diese Wirkung auf, und das Thermometer stieg; als letzteres aber unter die axiale Linie gebracht ward, fiel es wieder, zum Beweise, dass der kalte Luftstrom einwärts oder gegen die axiale Linie gezogen worden, d. h. in Bezug auf Luft von gewöhnlicher Temperatur magnetisch geworden, aber weniger diamagnetisch als sie. Die niedrige Temperatur war unter 0° F. Die Wirkung war nur gering, aber deutlich.

Die Wirkung der Hitze, den Diamagnetismus der Luft so stark zu erhöhen, ist sehr merkwürdig. Ich halte es durchaus nicht für wahrscheinlich, dass die blosse Ausdehnung die Ursache der veränderten Beschaffenheit der Luft sei, vielmehr müsste man erwarten, dass, bei gleichem Volume, die ausgedehnte Luft eine geringere diamagnetische Wirkung ausübe

als die dichtere, eben so wie zu vermuthen wäre, dass ein Vacuum weder magnetische noch diamagnetische Effecte zeige, sondern auf dem Nullpunkt beider Körperklassen liege (2423, 2424). Sicher ist, dass, wenn die Luft ein magnetischer Körper wäre, ihre Ausdehnung, die einer Verdünnung gleichwerthig ist, sie gegen gewöhnliche Luft als diamagnetisch erscheinen lassen würde (2367, 2438); allein ich halte es nicht für wahrscheinlich, dass dem so sei, wie man dies aus den weiterhin beim Sauerstoff und Stickstoff beschriebenen Resultaten sehen wird.

Die Wirkung der Hitze giebt den Gasen und Dämpfen einen sehr merkwürdigen und, wie wir weiterhin sehen werden, ihnen allen gemeinsamen Charakter. Bei meinen früheren Versuchen (2359, 2397) erhitzte ich verschiedene diamagnetische Körper, konnte aber nicht bemerken, dass ihre magnetische Kraft irgend wie durch die ihnen gegebene Temperatur vergrössert oder verändert worden wäre. Ich habe nunmehr kleine Kupfer- und Silbercylinder bei gewöhnlicher Temperatur und bei Rothglühhitze der Wirkung eines einzelnen Poles ausgesetzt, aber mit demselben Erfolg. Wenn überhaupt die Temperatur-Erhöhung eine Wirkung hatte, so bestand sie in einer sehr geringen Verstärkung des Diamagnetismus, aber ich bin dessen nicht gewiss. Für jetzt also scheinen sich die gasigen und dampfförmigen Körper auffallend dadurch zu unterscheiden, dass die Hitze ihren Diamagnetismus bedeutend verstärkt.

Da alle diese Versuche über die Flamme, den Rauch oder die Luft zu zeigen schienen, dass die Luft ein besonderes magnetisches Verhalten besitze, welches, obwohl durch Hitze stark verändert, ihr doch bei allen Temperaturen zukomme, so war mit Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass andere gasige oder dampfförmige Körper diamagnetisch oder magnetisch sein, und selbst bei gewöhnlichen oder gleichen Temperaturen von einander abweichen würden. Ich schritt also zu ihrer Untersuchung, indem ich, mittelst geeigneter Apparate, Ströme von ihnen in die Luft treten liess und den Lauf im magnetischen Felde verfolgte, wenn zur selben Zeit die Magnetkraft entweder entwickelt war oder nicht.

Zur Hervorbringung solcher Ströme, brachte ich manchmal die Gase in einen Ballon, versehen mit einer Mündung oder auch einer Tubularöffnung (*tubular spout*), und liess sie zu dieser Oeffnung ausfliessen, aufwärts oder niederwärts, je nachdem das Gas leichter oder schwerer als Luft war. Manchmal,

z. B. bei Salzsäure oder Ammoniak, liess ich die Ströme zur Mündung der Retorte austreten. Allein da es sehr wichtig ist, das magnetische Feld nicht mit dem unsichtbaren Gase zu überschwemmen, so ersann ich die folgende Vorrichtung, die für alle in Wasser unlösliche Gase gute Dienste leistet.

Es wurde eine *Woulf*'sche Flasche genommen, die oben drei Oeffnungen *a*, *b*, *c* hatte. In der Oeffnung *a* wurde eine weite, an beiden Enden offene, und bis zum Boden der Flasche reichende Röhre befestigt; sie diente zum Eingiessen von Wasser in die Flasche, um das darin vorhandene Gas zu verdrängen. Die Oeffnung *b* wurde durch einen Stöpsel verschlossen, und *c* hatte eine nach aussen gehende Röhre mit einem Hahn, um das Gas nach dem verlangten Ort zu leiten. Um das Gas auszutreiben, war über der Flasche ein Behälter mit Wasser aufgestellt und dessen Hahn durch einen Holzsplitter so weit verstopft, dass er, bei voller Oeffnung, nicht mehr als zwölf Cubiczoll Wasser in der Minute lieferte. Dieser Wasserstrahl wurde, während der Hahn an der Röhre *c* offen war, in die Oeffnung *a* geleitet, und dadurch wurden 12 ccm des in der *Woulf*'schen Flasche vorhandenen Gases in der Minute ausgetrieben, ein Verhältniss, welches zu meinem Apparate und Magnet vortrefflich passte.

Um das Gas zu den Magnetpolen zu schaffen, wurde eine in die Form ⌣ gekrümmte Glasröhre, gehalten durch eine Klammer, so am Stativ des Magnets angebracht, dass sie leicht rück- und vor- oder seitwärts geschoben und mit ihrem verticalen Theil an einen beliebigen Ort unterhalb der axialen Linie gestellt werden konnte. Die Oeffnung dieses Endes hielt ungefähr einen Achtelzoll inneren Durchmesser. In dem horizontalen Theil, nahe an der Biegung, befand sich ein Stück Fliesspapier, befeuchtet (wenns nöthig war) mit concentrirter Salzsäure. Der horizontale Theil der Röhre liess sich durch eine kurze Röhre von geschwefeltem Kautschuck (*vulcanized rubber*) in einem Augenblick, wenns erforderlich war, mit der Röhre *c* der Gasflasche verbinden und von ihr trennen. War das angewandte Gas schwerer als das umgebende Medium, so befand sich die Glasröhre über der axialen Linie, und hatte, statt der obigen Gestalt, eine solche, dass sie einen herabgehenden Strom lieferte. Auf diese Weise hatte man ganz beständige Ströme von verschiedenen Gasen vollkommen in seiner Gewalt.

Zunächst war nun die Bahn dieser Ströme zu entdecken und zu verfolgen. Ein wenig Ammoniakgas, nahe beim



magnetischen Feld entwickelt, gestattete dies einigermaassen, aber nicht genügend. Denn erstlich ist die kleine Wolke von gebildetem salzsaurem Ammoniak an sich diamagnetisch, und zweitens wird dabei die Ruhe der Luft in dem magnetischen Felde zu sehr gestört. Es wurden nun Fangröhren (*catch-tubes*) vorgerichtet, bestehend aus Röhren von dünnem Glase, etwa von der Dicke und Länge eines Fingers, und an beiden Enden offen, befestigt auf kleinen Gestellen, so dass sie nach Belieben entweder über oder unter den Magnetpolen angebracht werden konnten. Wenn sie über den Polen waren, nahm ich gewöhnlich deren drei, eine über der axialen Linie und eine an jeder Seite derselben. Befanden sie sich unter den Polen, so war das untere Ende etwas in die Höhe gekehrt, um daselbst die Beobachtung zu erleichtern.

Das zu den Polen geführte Gas enthielt, wie schon erwähnt, etwas Salzsäure (vermöge des damit befeuchteten Papiers), doch nicht so viel, dass es sichtbar wurde. Um sichtbar zu machen, durch welche der Fangröhren es ging, wurde ein Stückchen Fliesspapier, zusammengefaltet und an einem Kupferdraht befestigt, in Ammoniakflüssigkeit getaucht und über jeder der Röhren aufgehängt. Durch den sichtbaren Rauch, der sich über der einen oder anderen Röhre bildete, war nun sogleich klar, ob und durch welche Röhre das unten eingeleitete Gas in die Höhe stiege, und dennoch war das Gas an dem Ort der magnetischen Action vollkommen klar.

Als Zusatz zu diesen Vorrichtungen baute ich um die Pole und das magnetische Feld eine schirmende Kammer, um die Luft vor Bewegungen zu schützen. Sie hielt sechs Zoll in Länge auf vier Zoll in Breite und Höhe, gebildet aus dünnen Glimmertafeln, die leicht in einem Moment zusammengesetzt und auseinandergenommen waren. Oben oder unten wurde diese Kammer oft offen gelassen zum Entweichen der Gase oder wegen der Fangröhren. Ihre Vortheile waren sehr gross.

Luft. — Zunächst wurde ein Luftstrom von unten in diese Vorrichtungen gesandt, und zwar durch die axiale Linie. Er machte sich in der Fangröhre darüber durch den erzeugten Rauch sichtbar; allein der Magnet mochte thätig sein oder nicht: seine Bahn war dieselbe, zeigend, dass so weit der Apparat gute Dienste that, und an sich keine fehlerhafte Angabe lieferte.

Stickstoff. — Dies Gas, von unten aufwärts gesandt, ging direct durch die axiale Linie in die darüber befindliche

Fangröhre. Als der Magnet in Thätigkeit gesetzt worden, wurde das Gas ergriffen, und obwohl in der mittleren Fangröhre nicht gehemmt, erschienen doch Theile von demselben in den Seitenröhren. Der Strom ward nun ein wenig seitwärts der axialen Linie angebracht, so dass er, ohne die magnetische Action, noch emporstieg und durch die mittlere Fangröhre ging. Als man nun den Magnet wirken liess, ward er deutlich ergriffen, und ein grosser Theil von ihm durch die seitliche Fangröhre gesandt. Wirklich war der Stickstoff in Bezug auf gemeine Luft von derselben Temperatur deutlich diamagnetisch; allein da vier Fünftel der Atmosphäre aus Stickstoff bestehen, so ist aus dem Resultat ganz klar, dass Stickstoff und Sauerstoff in ihrem magnetischen Verhalten sehr verschieden von einander sein müssen.

Sauerstoff. — Ein Sauerstoffstrom wurde durch die Luft zwischen den Polen herabgesandt. Wenn keine magnetische Action vorhanden war, sank er senkrecht herunter, und wenn sie zugegen war, schien dasselbe zu erfolgen; jedenfalls ging er nicht äquatorial. Da aber nach den obigen Versuchen mit Stickstoff mit allem Grund zu erwarten stand, dass der Sauerstoff nicht diamagnetisch, sondern magnetisch in der Luft erscheinen werde, so gab ich dem Strom eine andere Stelle und liess ihn an einer Seite der axialen Linie herabgehen. Jetzt sank er anfänglich ganz gut in die darunterstehende Fangröhre; so wie aber der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, wurde der Strom abgelenkt, zu der axialen Linie hingezogen, so dass er in die danebenstehende Fangröhre fiel. So erweist sich also der Sauerstoff magnetisch in gemeiner Luft. Ob er es wirklich sei oder nur weniger diamagnetisch als die Luft (ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff), werden wir weiterhin besser zu beurtheilen vermögen.

Wasserstoff. — Dies Gas erwies sich deutlich und selbst stark diamagnetisch; denn ungeachtet es, wegen seines geringen specifischen Gewichts, eine grosse Steigkraft in der Atmosphäre besitzt, ward ein Strom desselben gut abgelenkt und äquatorial gesandt. Vermöge der Leichtigkeit des Gases hätte man erwarten können, dass es gegen die axiale Linie gezogen werden würde, wie es mit einem Strom erwärmter Luft (könnte er existiren) geschehen wäre. Sein Diamagnetismus zeigt also in schlagender Weise, dass Gase, wie feste Körper besondere und merkliche Grade von diamagnetischer Kraft besitzen.

Kohlensäure. — Dies Gas gestattet einen schönen Versuch. Der Strom ward etwas neben der axialen Linie herabgesandt und eine Fangröhre ein wenig weiter auswärts aufgestellt, so dass der Strom klar herabsinken konnte, so lange der Magnet nicht in Thätigkeit war. So wie dieser aber wirksam gemacht worden, verliess der Strom seine senkrechte Richtung, ging äquatorial und fiel in die Fangröhre, aus deren unterem Ende er, wie man beim horizontalen Fortsehen wahrnehmen konnte, wie eine Quelle hervorkam und weiter durch die Luft hinabsank. Als nun wieder der Magnet ausser Thätigkeit gesetzt, und ein Glas mit Kalkwasser unter das untere Ende der Fangröhre gestellt wurde, liess sich daselbst keine Kohlensäure entdecken, obwohl das Kalkwasser beständig umgerührt wurde. In dem Augenblick aber, da der Magnet wieder erregt wurde, erschien Kohlensäure in der Fangröhre, sank in das Glas und machte das Kalkwasser trübe. Dies Gas ist also diamagnetisch in der Luft.

Kohlenoxyd. — Dies Gas wurde vor der Anwendung sorgfältig von Kohlensäure befreit. Es wurde in herabsinkendem Strom angewandt und war anscheinend sehr diamagnetisch; allein es ist zu bemerken, dass eine Substanz, welche der atmosphärischen Luft im specifischen Gewicht so nahe kommt, in ihr leicht rechts und links zerstreut wird, und demnach die Leichtigkeit der Zerstreuung keine sichere Anzeige von diamagnetischer Kraft ist. Nach Einführung von etwas Ammoniak in die Glimmer-Kammer liess sich jedoch leicht wahrnehmen, dass das Kohlenoxyd mit bedeutender Kraft äquatorial fortgetrieben ward. Dem Ansehen nach schliesse ich, dass es diamagnetischer ist als Kohlensäure.

Stickstoffoxydul. — Dies Gas war mässig, aber deutlich diamagnetisch in der Luft. Diese Verbindung und die übrigen aus Stickstoff und Sauerstoff haben viel Interesse, sowohl weil sie dieselben Elemente wie die Luft enthalten, als auch wegen ihrer Beziehungen zum Stickstoff und Sauerstoff einzeln genommen.

Stickstoffoxyd. — Ich versuchte dieses Gas als auf- und niedersteigenden Strom, vermochte aber nicht seine magnetische Beschaffenheit zu ermitteln. Bei der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Gas, bei der dadurch erfolgenden Erwärmung und Aenderung seiner Natur, zeigte sich so viel zufällige Störung und so wenig aus magnetischem Einfluss entspringender Effect, dass ich nicht des Resultates sicher sein

konnte. Im Ganzen erschien es schwach diamagnetisch, aber so wenig, dass der Effect wohl von den Rauchtheilchen herrühren möchte, die zu seiner Versichtbarung dienten.

Salpetrigsaures Gas. — Schwierig zu beobachten, ist aber, wie ich glaube, schwach diamagnetisch in Bezug auf Luft.

Oelbildendes Gas — war diamagnetisch, und zwar deutlich. Der kleine Unterschied im specifischen Gewicht zwischen diesem Gase und der Luft macht das Verfolgen des Gasstroms schwierig, und ein Achten auf allen Seiten nothwendig.

Steinkohlengas. — Das Londner Kohlengas ist leichter als Luft, wiegt nur etwa zwei Drittel von diesem. Es ist sehr gut diamagnetisch und giebt ausserordentlich gute und deutliche Resultate.

Schwefligsaures Gas — ist diamagnetisch in Luft. Es wurde entwickelt in einer kleinen Röhre, die flüssige schweflige Säure enthielt. Diese wurde, statt der Gasflasche, durch die Röhre von geschwefeltem Kautschuck mit dem Ausflussrohr und dem Mundstück verknüpft. Die An- oder Abwesenheit des Gases in der Fangröhre zeigte sich durch Ammoniakgas und noch besser durch Lackmuspapier.

Chlorwasserstoffsäure. — Die Retorte, in welcher sie erzeugt wurde, war, wie eben beschrieben, mit dem Ausflussrohr verbunden. Das Gas war entschieden diamagnetisch in Luft.

Jodwasserstoffsäure — war ebenfalls diamagnetisch in Luft. Bei einem reichlichen Strom war sein Eintreten in die seitliche Fangröhre und sein Durchgang durch dieselbe, wenn der Magnet thätig gemacht wurde, sehr auffallend. War weniger Gas vorhanden, so wurde der Strom äquatorial in allen Richtungen zerstreut und trat weniger in die Röhre.

Fluorkieselgas — diamagnetisch in Luft.

Ammoniak. — Dieses Gas wurde aus dem erforderlichen Material in einer Retorte entwickelt und in der Fangröhre darüber durch Salzsäure im Fliesspapier geprüft. Es war gut diamagnetisch, entsprechend in dieser Beziehung dem Charakter seiner Elemente. Es konnte auch durch über die Röhren gehaltenes Lackmuspapier sehr gut nachgewiesen werden.

Chlor — aus dem *Woulf*'schen Apparat in das magnetische Feld gesandt, zeigte sich entschieden diamagnetisch in der Luft. Sowohl Ammoniak durch seine Dämpfe, als auch Lackmus durch sein Erbleichen, gab bei jedesmaliger Erregung des Magnets das Eintreten des Chlors in die seitliche Fangröhre zu erkennen.

Jod. — Eine kurze Glasröhre wurde an ihrem unteren Ende, um das Jod aufzunehmen, zu einer Kammer gestaltet, und diese mit einer herabgehenden verlängerten Mündung versehen, um den gebildeten Dampf entweichen zu lassen. Nach Einlegung von etwas Jod in die Kammer, wurde durch Erhitzen dieser und besonders der Mündung mittelst einer Weingeistflamme, so wie durch nachheriges Neigen des Apparats, eine reichliche Menge Joddampf erzeugt, der in einem guten Strom aus der Mündung niedersank. Dieser purpurne Strom war diamagnetisch in der Luft, und wenn er nicht zu dicht war, konnte man sehen, wie er rechts und links von der axialen Linie abfloss. War er sehr dicht und schwer, so durchbrach er, ungeachtet der Wirkung des Magnets, die axiale Linie; dennoch war augenscheinlich, dass Jod sich diamagnetisch in Luft verhielt.

Brom. — In den horizontalen Theil der Ausflussröhre wurde etwas Brom gethan, und darauf mittelst des schon beschriebenen Apparats Luft über dasselbe hinweggeleitet. Es verwandelte sich so viel Brom in Dampf, dass es die Luft gelb färbte und sie in einem Strom durch die axiale Linie herabsenkte. Ein wenig Ammoniak, in der Nähe des magnetischen Feldes entwickelt, zeigte, dass dieser Strom diamagnetisch war, und daraus lässt sich unbedenklich folgern, dass reiner Bromdampf es ebenfalls sein würde.

Cyan. — Stark diamagnetisch in Luft.

Die Luft als Vergleichungsmass genommen, ist es sehr auffallend, dass, so stark auch die Gase in dem Grade ihres Diamagnetismus von einander abzuweichen scheinen, doch sehr wenige von ihnen nicht diamagnetischer sind als sie; und wenn man die Betrachtung auf die Relation der beiden Hauptbestandtheile der Luft (Sauerstoff und Stickstoff) ausdehnt, muss der sehr schwache Diamagnetismus (*very low condition*) des Sauerstoffs, welcher in der That die Ursache des verhältnissmässig schwachen Diamagnetismus (*low condition*) der Luft ist, noch auffallender erscheinen. Unter allen bisher geprüften Dämpfen und Gasen scheint der Sauerstoff die schwächste diamagnetische Kraft zu besitzen. Es fragt sich indess noch, wo er stehe; denn er kann so tief stehen als ein Vacuum, kann selbst auf die magnetische Seite desselben übergehen. Die Erfahrung giebt darüber bis jetzt noch keine Antwort. Ich halte ihn für diamagnetisch, und sehe mich darin bestärkt durch die weiterhin beschriebene Wirkung der Hitze auf ihn. Allein er

steht ausserordentlich tief in der Scale, weit unter Chlor, Brom, Jod und ähnlichen Körpern.

Alle Verbindungen von Sauerstoff und Stickstoff scheinen den Einfluss des Sauerstoffgehalts darzuthun. Salpetrige Säure scheint weniger diamagnetisch zu sein als Luft. Stickstoffoxyd, gemengt mit salpetriger Säure, verhält sich in der Wärme etwa so wie Luft. Stickstoffoxydul ist offenbar diamagnetisch in Luft, obwohl es mehr Sauerstoff enthält; allein es enthält auch mehr Stickstoff als die Luft, ist auch dichter als sie, so dass hier also mehr Substanz zugegen ist. Dennoch glaube ich begünstigen die Resultate die Ansicht, dass Sauerstoff diamagnetisch sei. Aus dem weiterhin beschriebenen Verhalten des Kohlenoxyds zur Kohlensäure wird man ersehen, dass der Zusatz von Sauerstoff einen Körper weniger diamagnetisch zu machen scheint. Allein die Wahrheit mag sein, nicht dass der Sauerstoff wirklich magnetisch ist, sondern dass ein zusammengesetzter Körper eine specifische diamagnetische Kraft besitzt, welche nicht die Summe der Kräfte seiner Theilchen ist.

Ueber den relativen Grad der diamagnetischen Kraft bei verschiedenen gasigen Körpern lässt sich, so lange sie nur in Luft untersucht sind, schwerlich mehr als eine blosse Muthmassung aussprechen, weil so viele Umstände die Resultate verwickelt machen. Der erste ist die Unsichtbarkeit der Gase, wodurch man verhindert ist, sie direct mit dem Auge zu verfolgen. Dann kommt der Unterschied im specifischen Gewicht. Ein Gas, welches in einem raschen Strom aufsteigt oder niedersinkt, kann weniger abgelenkt erscheinen als ein anderes, welches, obwohl diamagnetischer, dennoch langsamer fliesst; und was die Gase nahe von gleichem specifischem Gewicht mit der Luft betrifft, so mögen sie stärker oder schwächer diamagnetisch als diese sein: sie werden dennoch fast ganz in verschiedenen Richtungen zerstreut, so dass nur wenig in die Fangröhre eintritt. Ein anderer modificirender Umstand ist der Abstand der das Gas liefernden Oeffnung von der axialen Linie, welcher, um das Maximum des Effects zu erhalten, nach dem specifischen Gewicht und der diamagnetischen Kraft verändert werden muss. Ferner ist es wichtig, das magnetische Feld nicht mit dem zu untersuchenden Gase zu überfüllen, und überhaupt einen mässigen Strom anzuwenden, was jedoch wiederum von dem specifischen Gewicht bedingt wird.

Der einzige richtige Weg also, zwei Gase mit einander zu vergleichen, besteht darin, dass man mit dem einen in dem

andern experimentirt. Denn die Versuche fallen, je nachdem sie in Gasen oder in Luft angestellt werden, verschieden aus und sind von ähnlicher Natur wie die früher mit Lösungen angestellten (2362 etc.). Ich veränderte daher bei einigen Versuchen das umgebende Medium, indem ich Gase statt der Luft nahm. Zunächst wählte ich Kohlensäure, da sich leicht mit ihr experimentiren lässt, und sie wahrscheinlich diamagnetischer in Luft ist als irgend ein anderes Cas. (Ich spreche nur von den scheinbaren oder relativen Resultaten.)

Ich falzte aus doppelt genommenem Wachspapier einen Trog oder Kasten, 13 Zoll lang, 5 Zoll breit und 5 Zoll hoch, setzte ihn auf die Enden des grossen Magnets und wandte die zuvor beschriebenen eisernen Ansatzstücke an. Dann bedeckte ich den Kasten lose mit Glimmertafeln und bildete so eine lange rechteckige Kammer, welche die Magnetpole und das magnetische Feld einschloss. Alle Einrichtungen hinsichtlich des magnetischen Feldes, der Ausflussröhre, der Fangröhren u. s. w., wurden wie früher hergestellt, und zuletzt füllte ich den Kasten mit Kohlensäure durch eine Röhre, welche in einer Ecke eintrat, und versah ihn ab und zu mit frischem Gase, sobald sein Inhalt zu sehr mit Gasen oder Luft verdünnt worden war. Alles entsprach seinem Zweck, und es wurden die folgenden Resultate erhalten.

Luft ging axial, war weniger diamagnetisch als Kohlensäure.

Sauerstoff ging, wie zu erwarten, zu der Magnetaxe.

Stickstoff ging äquatorial, war also selbst in Kohlensäure diamagnetisch.

Wasserstoff, Steinkohlengas, ölbildendes Gas, Salzsäure und Ammoniak gingen in der Kohlensäure äquatorial und waren in Bezug auf sie schön diamagnetisch.

Kohlenoxyd war in Kohlensäure sehr diamagnetisch. Der Einfluss des Sauerstoffs schien hier sehr deutlich zu sein. Kohlenoxyd und Kohlensäure enthalten bei gleichem Volume gleiche Mengen Kohle; allein das erstere enthält halb so viel Sauerstoff als die letztere. Dennoch ist es diamagnetischer als letztere. Ungeachtet also in der Kohlensäure noch einmal so viel Sauerstoff als in dem Kohlenoxyd enthalten und verdichtet ist, zeigt sich trotzdem die diamagnetische Kraft nicht erhöht, sondern vermindert.

Stickstoffoxydul scheint gegen Kohlenoxyd schwach diamagnetisch zu sein; allein Stickstoffoxyd zeigte das entgegengesetzte Verhalten und ging zu der axialen Linie.

Es scheint demnach, dass die Kohlensäure, obwohl diamagnetischer als Luft, doch nicht weit von ihr liegt, und diese Lage verdankt sie wahrscheinlich ihrem Sauerstoffgehalt. Dass Stickstoffoxydul anscheinend ihr nahe liegt, scheint grösstentheils ebenfalls von dessen grossem Sauerstoffgehalt abzuhängen. Dennoch ist klar, dass die Wirkung nicht in directem Verhältniss zum Sauerstoff steht, denn sonst würde gemeine Luft diamagnetischer sein als sie beide. Es scheint vielmehr, dass die Kräfte modificirt werden, wie auch beim Eisen und Sauerstoff der Fall ist, und dass jeder zusammengesetzte Körper seine eigenthümliche, aber constante Wirkungs-Intensität besitzt.

Um ähnliche Versuche in leichten Gasen anzustellen, wurden die beiden Ansatzstücke des Magnets abgehoben (*raised*), so dass sie bedeckt werden konnten mit einer französischen Glasglocke (*french glass shade*), welche mit ihrem Untersatz (*stand*) eine sehr gute Kammer um sie her bildete. Die Röhre zum Hineinleiten und Verändern des gasigen Mediums, so wie die, durch welche das zu versuchende Gas als Strom in das magnetische Feld gebracht werden sollte, gingen durch Löcher in dem Boden des Untersatzes. Die Gase, welche mit denen als Media angewandten verglichen werden sollten, waren, ausgenommen beim Ammoniak und Chlor, mit einer Spur von Salzsäure gemengt, wie zuvor beschrieben worden. Es wurden zwei gasige Media angewandt, Steinkohlengas und Wasserstoff. Bei Anwendung des ersteren beobachtete ich die Richtung der Ströme von anderen Gasen in demselben dadurch, dass ich ein in Ammoniakflüssigkeit getauchtes und am Ende eines Drahts befestigtes Papierstückchen dem Strome nahe brachte. Beim Wasserstoffgase verbreitete ich zuerst darin ein wenig Ammoniak.

Luft — ging im Steinkohlengase zur axialen Linie, ward aber nicht stark ergriffen.

Sauerstoff — schien im Steinkohlengase stark magnetisch zu sein, indem es mit grosser Heftigkeit zur Magnetaxe ging und darum hängen blieb (*clinging about it*). Wenn zu der Zeit eigends viel Salmiakrauch gebildet worden, wurde der Sauerstoff mit solcher Kraft in das magnetische Feld gezogen, dass er an den Enden der Magnetpole haften (*hide*) blieb. Unterbrach man dann die magnetische Action für einen Augenblick, so sank diese Wolke vermöge ihres Gewichts herunter; allein wenn sie auch schon unter den Polen war, fuhr sie doch, wenn der Magnet wieder in Thätigkeit gesetzt ward, sogleich in die

Höhe und nahm ihre frühere Stelle ein. Die Anziehung von Eisenfeilicht zu einem Magnetpol ist nicht auffallender, als die Erscheinung, welche der Sauerstoff unter diesen Umständen zeigt.

Stickstoff, — deutlich magnetisch in Steinkohlengas.

Oelbildendes Gas, Kohlenoxyd und Kohlensäure waren alle mehr oder weniger diamagnetisch im Steinkohlengase.

Als Wasserstoff statt des Steinkohlengases als umgebendes Medium genommen wurde, wurde besondere Sorgfalt auf die Versuche verwandt. Mit jedem Gase wurde wenigstens zwei Mal experimentirt, und bei dem letzteren Mal das Wasserstoffgas erneut.

Luft — ging axial im Wasserstoff, wenn sehr wenig Rauch darin war. Wenn sich aber viel Rauch in ihrem Strom befand, war sie entweder indifferent oder strebte äquatorial zu gehen. Ich glaube Luft und Wasserstoff können nicht weit von einander stehen.

Stickstoff — ist auffallend diamagnetisch in Wasserstoff.

Sauerstoff — ist gegen Wasserstoff so schlagend magnetisch wie gegen Steinkohlengas, und zeigt die schon beim letzteren beschriebenen Erscheinungen. Als der Sauerstoffstrom etwas neben der axialen Linie herabging, wurde seine centrifugale Kraft in Bezug auf diese Linie so aufgewogen durch die von der magnetischen Action erzeugte centripetale Kraft, dass er anfangs in einem regelmässigen Ringe um die axiale Linie rotirte; und dann eine Wolke bildete, die fortfuhr um dieselbe zu wirbeln, so lange die Magnetkraft unterhalten ward, aber sogleich zu Boden der Kammer fiel, so wie diese Kraft entfernt ward.

Stickstoffoxydul. — Dies Gas war in Wasserstoff deutlich diamagnetisch und veranlasste, weil es auf den Sauerstoff folgte, ein sehr schönes Resultat. Beim Beginn des Versuchs ging nämlich das bischen Sauerstoff, welches in der Ausflussröhre geblieben war, axial; so wie dasselbe aber ausgetrieben war, und Stickstoffoxydul erschien, änderte der Strom seine Richtung und ging in der auffallendsten Weise diamagnetisch.

Stickstoffoxyd. — Dies Gas ging in Wasserstoff eben so (*equally*), und ist daher in Bezug auf diesen diamagnetisch (*magnetic*).

Ammoniak — diamagnetisch in Wasserstoff.

Kohlenoxyd, Kohlensäure und ölbildendes Gas waren diamagnetisch in Wasserstoff, das letztere am meisten, und die Kohlensäure anscheinend am wenigsten.

Chlor — war im Wasserstoff schwach diamagnetisch, war es aber deutlich, allein die Rauchtheilchen könnten viel zu der Kleinheit des Effects beigetragen haben.

Chlorwasserstoffgas — war, glaube ich, ein wenig diamagnetisch im Wasserstoff.

Ungeachtet der vielen störenden Ursachen, welche erste und hastige Versuche dieser Art beeinträchtigen und Resultate hervorbringen, die einander zuweilen widersprechen, ergeben sich doch, wenn man die Gase mit einander bei derselben Temperatur vergleicht, einige sehr auffallende Beziehungen. Vornehmlich ist es unter diesen der Ort des Sauerstoffs, denn er ist unter allen bis jetzt untersuchten Gasen das wenigst diamagnetische, und scheint in dieser Beziehung ganz abgesondert von den übrigen zu stehen. Die Eigenschaft des Stickstoffs, höchst diamagnetisch zu sein, ist ebenfalls wichtig. Die Stelle des Wasserstoffs als weniger diamagnetisch denn Stickstoff, und die des Chlors, welches, statt sich dem Sauerstoff zu nähern, über dem Wasserstoff steht, und auch die des Jods, welches wahrscheinlich noch weit über dem Chlor steht, sind bemerkenswerthe Umstände.

Die Luft verdankt natürlich ihre Stelle dem diamagnetischen Charakter des in ihr enthaltenen Sauerstoffs und Stickstoffs. Der grosse Unterschied zwischen diesen beiden Körpern in magnetischer Beziehung und das auffallende Verhalten des Sauerstoffs im Steinkohlen- und Wasserstoffgase, Körpern, die in diamagnetischer Kraft nicht weit vom Stickstoff stehen, liessen mich glauben, es möchte nicht unmöglich sein, die Luft bloss durch magnetische Kraft in ihre zwei Hauptbestandtheile zu zerlegen. Ich machte zu dem Ende einen Versuch, zwar ohne Erfolg, aber doch nicht überzeugt, dass er nicht einmal gelingen könne. Denn seitdem wir gewisse Gase, und besonders die genannten, durch ihre magnetischen Eigenschaften wirklich unterscheiden können, scheint es nicht unmöglich, dass eine hinlängliche Kraft sie aus ihrem Mischungszustande abzusondern vermöge.

Im Laufe dieser Versuche unterwarf ich mehrere der Gase der Hitze, um zu ermitteln, ob ihre diamagnetische Kraft im Allgemeinen dieselbe Erhöhung erleide, wie die der gemeinen Luft. Zu dem Ende steckte ich einen schraubenförmigen Platin-

draht in die Mündung der Ausflussröhre, welche sich unter der Magnetaxe zwischen den Polen befand. Der Platindraht konnte durch eine kleine *Volta*'sche Batterie auf jede Temperatur erhoben, und dadurch irgend ein Gas, mittelst des schon beschriebenen *Woulf*'schen Apparats, aufwärts quer durch das magnetische Feld gesandt werden. Es liess sich entweder mit den Fingern durchs Gefühl oder mit einem Metallthermometer, bestehend aus einer Platin-Silberspirale, in einer Röhre darüber, leicht ermitteln, ob das Gas direct zwischen den Polen aufstiege, oder, bei Erregung des Magnets, diese Richtung verliesse und zwei äquatoriale Seitenströme bildete. In jedem Fall war das heisse Gas diamagnetisch in Luft, und ich glaube, stärker als bei gewöhnlicher Temperatur. Die versuchten Gase waren folgende: Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Stickstoffoxydul, Kohlensäure, Salzsäure, Ammoniak, Steinkohlen- und ölbildendes Gas.

Da aber bei diesen Versuchen die umgebende Luft sich nothwendig mit dem erhitzten Gase mischte und somit in der That einen Theil des erhitzten Stroms ausmachte, so ordnete ich den Platindraht so an, dass ich ihn in einem gegebenen Gase erhitzen und solchergestalt ein und dasselbe Gas bei verschiedenen Temperaturen mit sich selbst vergleichen konnte.

Ein Strom von heissem Sauerstoff in kaltem Sauerstoff war stark diamagnetisch. Wie stark die Wirkung war, mag man aus folgenden Umständen beurtheilen. Als der schraubenförmige Platindraht unter der axialen Linie in's Glühen versetzt wurde, wirkte die Hitze auf das Metallthermoskop in der Röhre über der axialen Linie so stark, dass sein unteres Ende anderthalb Umdrehungen machte oder 540° zeigte. Nach Erregung der Magnetkraft kehrte die Spirale durch diese ganze Drehung wieder in ihre anfängliche Lage zurück, wie wenn der glühende Platindraht darunter auf die gewöhnliche Temperatur herabgekommen oder fortgenommen wäre, und dennoch war in dieser Beziehung nichts geändert worden. Bei Unthätigkeit des Magnets nahm der heisse Sauerstoffstrom sogleich wieder seinen senkrecht aufsteigenden Weg und erhitzte das Thermoskop wie zuvor.

Beim Experimentiren mit Kohlensäure fand sich, dass die heisse diamagnetisch war in kalter, und scheinbar waren die Wirkungen eben so stark wie beim Sauerstoff.

Mit Wasserstoff erhielt ich in Bezug auf das heisse und kalte Gas kein Resultat, und zwar aus dem Grunde, weil ich

weder mit noch ohne magnetische Wirkung irgend eine Anzeige von Erhitzung an dem darüber befindlichen Thermoskop wahrnehmen konnte, obwohl der Platindraht nur einen Zoll darunter war und fast weiss glühte. Dies entspringt, glaube ich, grösstentheils von der Schnelligkeit, mit welcher der Wasserstoff sich, in Vergleich mit anderen Gasen, erhitzt und abkühlt, so wie auch von der Nähe der kalten Eisenmassen, welche die Magnetpole bildeten, und zwischen denen das heisse Gas seinen Weg aufwärts zu nehmen hatte. Höchst wahrscheinlich hängt es zusammen mit der von Hrn. *Grove* beobachteten Thatsache des schwierigen Erglühens eines Platindrahts in Wasserstoff.

Wenn der glühende Schraubendraht in Steinkohlengas gebracht ward, erwies sich das heisse Gas als diamagnetisch gegen das kalte, wie in allen anderen Fällen. Hier wurde überdies ein ähnlicher Effect beobachtet wie früher beim Wasserstoff; denn, bei Abwesenheit der magnetischen Action, vermochte der aufsteigende Strom des heissen Steinkohlengases die thermoskopische Spirale nur um 280° bis 300° zu drehen, statt der obigen 540°, um welche sie sich drehte, wenn das umgebende Gas aus Sauerstoff, Luft oder Kohlensäure bestand, und dies selbst, wenn der Schraubendraht im Steinkohlengase eine höhere Temperatur hatte als in irgend einem dieser Gase.

Es ist also klar, dass Sauerstoff, Kohlensäure und Steinkohlengas heiss diamagnetischer sind als kalt. Dasselbe gilt von der Luft; da die Luft zu vier Fünfteln aus Stickstoff und nur zu einem Fünftel aus Sauerstoff besteht, und sie dennoch eine eben so starke Wirkung dieser Art als der Sauerstoff zeigt, so ist klar, dass auch der heisse Stickstoff dasselbe Verhalten gegen kalten zeigt.

Wegen der übrigen Gase hege ich keinen Zweifel, obgleich sie, um ganz sicher zu sein, in Atmosphären ihrer eigenen Substanz oder vielmehr in Gasen, die bei gewöhnlicher Temperatur diamagnetischer als sie sind, untersucht werden müssten. Oelbildendes und Steinkohlengas ertragen leicht eine volle Rothglühhitze des Schraubendrahts, sobald sie aus der Ausflussröhre getreten sind; beim Wasserstoff muss der Schraubendraht eine niedrigere Temperatur besitzen. Salzsäure und Ammoniak zeigen das Zerfallen des einen Stroms in zwei sehr schön, wenn man blaues oder rothes Lackmuspapier darüber hält.

Zum Beobachten der diamagnetischen Beschaffenheit der Flamme und zum Experimentiren mit verschiedenen Gasen giebt es noch eine andere Methode, die zuweilen nützlich ist, und

jedenfalls gekannt sein muss, weil sie sonst leicht zur Verwirrung führen könnte. Ich besitze ein Paar Polstücke, welche horizontal durchbohrt sind, damit ein Lichtstrahl durchgehen könne. Die gegenüberstehenden Seiten dieser verticalen Pole sind nicht, wie die früheren, abgerundete Enden von Kegeln, sondern können, obwohl sie abgerundete Kanten besitzen, als flach betrachtet werden auf einer Fläche von einem Zoll im Durchmesser. Die Durchbohrungen haben die Form eines Kegels, dessen Abstumpfung in dieser flachen Seite mehr als einen halben Zoll im Durchmesser hält. Als diese Polstücke aufgesetzt wurden, 0,3 bis 0,4 Zoll von einander, blieb eine Kerzenflamme, die frei zwischen ihnen brannte, nach Erregung des Magnets auf einige Momente unafficirt; allein dann änderte sie plötzlich ihre Form, dehnte sich axial aus, und ergoss sich in zwei horizontale Zungen, welche in die Durchbohrungen der Pole eintraten; dies dauerte so lange als der Magnetismus unterhalten ward, und kein Theil ging äquatorial.

Bei Anwendung einer grossen Flamme, erhalten mittelst eines Baumwollenballs und Aethers, konnten durch die Kraft des Magnetismus zwei Arme zur Flamme herausgetrieben werden, die, wie zuvor, äquatorial gingen, und überdies drangen zwei andere Arme in die Durchbohrungen der Magnetpole und traten zuweilen an den entgegengesetzten Seiten derselben wieder aus.

Standen die Pole nur 0,25 Zoll aus einander, und befand sich die rauchende Kerze mitten zwischen ihnen, im Niveau der Durchbohrungen, so war der Effect sehr gut; denn der Rauch ging axial und trat an den abgewandten Enden dieser Pollöcher wieder aus.

Steinkohlengas, an derselben Stelle entwickelt, ging auch axial, d. h. in die Pollöcher und parallel der sie verbindenden Linie.

Ein wenig Ueberlegung führt leicht zur wahren Ursache dieser Erscheinungen und zeigt, dass sie nicht unvereinbar sind mit den früheren Resultaten. Das Gesetz aller dieser Wirkungen ist: dass, wenn ein stärker diamagnetisches (oder weniger magnetisches) Theilchen sich unter andern Theilchen befindet und sich frei bewegen kann, es von stärkeren Orten der magnetischen Action zu schwächeren geht, und auch dass weniger diamagnetische Theilchen von schwächeren Wirkungsorten zu stärkeren gehen. Bei den eben beschriebenen Polen fallen nun die Linie oder Linien der Maximum-Kraft nicht zusammen mit der Axe der Durchbohrungen der Pole, sondern

liegen in einem Kreise, dessen Durchmesser vermuthlich etwas grösser als der der Löcher ist; und die Linien innerhalb dieses Kreises sind von geringerer Kraft, nehmen gegen den Mittelpunkt hin an Kraft ab. Ein heisses Theilchen innerhalb des Kreises wird also einwärts getrieben, und, gedrängt durch die ihm folgenden, auch einwärts getriebenen Theilchen, nimmt es seinen Weg zu dem anderen Ende der Oeffnung hinaus, und scheint so in axialer Richtung zu gehen; ein heisses Theilchen ausserhalb des Kreises von Linien der Maximum-Kraft wird dagegen auswärts getrieben, und bildet sonach mit andern, die beiden Zungen der Flamme, welche in äquatorialer Richtung gehen. Durch zweckmässiges Herumführen einer glimmenden Kerze lässt sich der Kreis von Linien des Maximums magnetischer Intensität sehr schön nachweisen, und wenn man sie innerhalb oder ausserhalb dieses Kreises hält, kann man den Rauch nach Belieben axial oder äquatorial gehen lassen.

Ich richtete nach diesem Princip einen Apparat ein, um die Gase zu versuchen, fand aber keinen, der besser oder so gut gewesen wäre als der beschriebene.

Dies sind die Resultate, welche ich bei Bestätigung und Erweiterung der Entdeckung des Hrn. *Bancalari* erhalten habe. Ich würde sie weiter verfolgt haben, aber der gegenwärtige Zustand meiner Gesundheit erlaubt es nicht; ich sende sie Ihnen daher wahrscheinlich mit vielen Unvollkommenheiten. Es ist nun fast bewiesen, dass viele gasige Körper sich diamagnetisch verhalten, und wahrscheinlich werden es alle thun. Ich sage: fast bewiesen, denn es ist bis jetzt in der That noch nicht bewiesen. Dass viele, ja die meisten gasigen Körper der magnetischen Kraft unterworfen sind, ist bewiesen; aber der Nullpunkt ist bis jetzt noch nicht aufgefunden. Ehe dieser aber aufgefunden ist, können wir nicht sagen, welche Gase zu den diamagnetischen Körpern gehören, und welche zu den magnetischen, und eben so, ob nicht einige auf dem Nullpunkt liegen. Offenbar ist es nicht unmöglich, dass Gase oder Dämpfe magnetisch sind, und andere weder magnetisch noch diamagnetisch. Die Entscheidung dieser Punkte gebührt dem Experiment, und ehe ein solcher Beweis gegeben ist, lässt sich keine bestimmte Antwort aussprechen.

Was mich betrifft, so habe ich immer geglaubt, dass das Vacuum der Nullpunkt sei, und in Wirklichkeit kein Körper auf diesem liege. Allein, wiewohl ich mich gehütet habe, mehr auszusprechen als ich weiss, so scheinen doch *Zantedeschi* (auch

De la Rive) und einige Andere zu glauben, ich hätte behauptet, die Gase seien nicht der magnetischen Wirkung unterworfen, wogegen ich nur zu sagen wünschte, dass ich es nicht finden konnte, und dass sie es vielleicht nicht sind. Ich will daher einige Worte aus meinen *Experiment. Researches* anführen. Wo ich von der Bereitung eines auf dem Nullpunkt liegenden flüssigen Mediums spreche, sage ich: »So wurde ein flüssiges Medium erhalten, welches praktisch, so weit ich sehen kann, jeden magnetischen Charakter und jede Wirkung eines Gases und selbst eines Vacuums hat etc. (*Exp. Res.* 2423)*).« Ferner sage ich (2433). »Einst glaubte ich, Luft und Gase, als Körper, die sich ohne Zusatz verdünnen lassen, würden dabei entsprechende Veränderungen in ihren magnetischen Eigenschaften zeigen; allein nun scheint durch Verdünnung all solche Kraft fortgenommen zu werden.« Und weiter unten (2435): »Zu entscheiden, ob die negativen Resultate bei Gasen und Dämpfen davon herrühren, dass in einem gegebenen Volum eine kleinere Menge Materie vorhanden ist, oder ob sie directe Folgen des geänderten physischen Zustandes der Substanz seien, ist ein Punkt von grosser Wichtigkeit für die Theorie des Magnetismus. Ich habe zur Erläuterung der Sache einen Versuch erdacht etc., finde aber grosse Schwierigkeit in seiner Ausführung etc.« Glücklicherweise hat nun Hr. *Bancalari*'s Entdeckung diesen Gegenstand für uns in der befriedigendsten Weise erledigt. Allein, wo der wahre Nullpunkt liege, oder dass jeder Körper dies- oder jenseits mehr oder weniger von ihm entfernt liege, ist bisher noch nicht experimentell gezeigt oder bewiesen.

Ich kann diesen Brief nicht ohne die Hoffnung schliessen, dass, da nun Gase sich als magnetisch erwiesen haben, in Kurzem auch welche gefunden werden, die, unter magnetischem Einfluss, auf das Licht zu wirken vermögen (2186, 2212). Eben so kann ich nicht unterlassen, darauf zu verweisen, welche sehr merkwürdige und directe Relation zwischen Wärme und Magnetismus aus den Versuchen über die Flamme und die erhitzten Gase hervorgeht. Früher (2397) habe ich keine merkliche Einwirkung der Wärme auf starre diamagnetische Körper wahrnehmen können; allein ich werde die Versuche wiederholen und weiter ausdehnen, wenn dies nicht schon von den italienischen Physikern geschehen ist. Was die Wirkung auf die

*) Pogg. Annalen, Bd. 70, S. 45.

diamagnetischen Gase betrifft, so gestaltet sie sich in gleicher Richtung wie die der Wärme auf Eisen, Nickel und Kobalt, d. h. in beiden Fällen strebt die Wärme entweder die magnetische Kraft zu verringern oder die diamagnetische zu erhöhen; allein bis jetzt sind der Resultate noch zu wenig für eine allgemeine Folgerung.

Da die Luft sich bei verschiedenen Temperaturen verschieden diamagnetisch verhält, und da die Atmosphäre in ihren oberen und unteren Schichten verschiedene Temperaturen besitzt, sie auch beständig dem magnetischen Einfluss der Erde ausgesetzt ist, so kann dies wohl eine allgemeine Wirkung auf ihre Bewegung ausüben.

Der Kürze halber habe ich in diesem Briefe oft von Körpern als magnetisch oder diamagnetisch gegen einander gesprochen; allein hoffentlich (*I trust*) kann daraus kein Missverständniss hinsichtlich meiner Meinung oder irgend ein vager Begriff hinsichtlich der klaren Unterscheidung beider Klassen entspringen, besonders da ich meine Ansicht über den wahren Nullpunkt soeben angegeben habe.

Zweiundzwanzigste Reihe.[2])

(Philosoph. Transact. f. 1849. — Pogg. Ann. Erg.-Band III.)

XXVIII. Ueber die Krystallpolarität des Wismuths und anderer Körper und über ihre Beziehung zur magnetischen Kraftform.

2454. Manche der bei Einwirkung des Magnets auf Wismuth erhaltenen Resultate haben mich zu verschiedenen Zeiten stutzig gemacht und genöthigt, bei einer unvollständigen Erklärung stehen zu bleiben oder sie einer künftigen Untersuchung zu überlassen. Gegenwärtig habe ich diese Untersuchung wieder aufgenommen und bin dadurch zur Entdeckung der folgenden Resultate gelangt. Ich kann jedoch nicht besser auf den Gegenstand eingehen als durch eine kurze Beschreibung der vorkommenden Anomalien, die man nach Belieben erhalten kann.

2455. Wenn man sauberes gutes Wismuth in dem mittleren kugelförmig ausgeblasenen Theil einer offenen*) Glasröhre mittelst einer Weingeistlampe zum Schmelzen bringt, und es dann, durch Umwenden der Vorrichtung, in den röhrenförmigen Theil versetzt, so erhält man es leicht in langen Cylindern, die sehr blank sind und beim Zerbrechen krystallinisch erscheinen, gewöhnlich mit Spaltungsebenen in der Quere. Ich bereite sie von 0,05 bis 0,1 Zoll im Durchmesser, und wenn das Glas dünn ist, breche ich es zusammen mit dem Wismuth durch und hebe die kleinen Cylinder in ihrer Glashülle auf.

2456. Als ich aufs Gerathewohl einige dieser Cylinder nahm und horizontal zwischen den Polen eines Elektromagnets (2247) aufhing, zeigten sich folgende Erscheinungen. Die ersten stellten sich axial, die zweiten äquatorial, die dritten, in einer Lage äquatorial und, wenn sie 50° bis 60° um ihre Axe gedreht wurden, schief, die vierten, unter denselben Umständen, äquatorial und axial; bei senkrechter Aufhängung stellten sie sich alle gut vibrirend um eine endliche

*) Wohl an einem Ende verschlossenen Glasröhre. *P.*

feste Lage, welche keine Beziehung zu der Gestalt der Cylinder zu haben schien. In allen diesen Fällen war das Wismuth stark diamagnetisch (2295 etc.), indem es von einem einzelnen Magnetpol abgestossen ward, und zwischen zwei Magnetpolen nach jeder Seite hin aus der axialen Linie wich. Ein ähnliches Stück feinkörniges oder granulirtes Stück Wismuth erlitt unter gleichen Umständen und zur selben Zeit eine ganz regelmässige Einwirkung, indem es die äquatoriale Stellung annahm (2253), wie es ein bloss diamagnetischer Körper thun muss. Als Ursache dieser Abweichungen ergab sich zuletzt die regelmässig krystallinische Beschaffenheit der Metallcylinder.

1. Krystallpolarität des Wismuths.

2457. Einiges Wismuth wurde in der gewöhnlichen Weise krystallisirt, indem man es in einem sauberen eisernen Löffel schmelzte, zum Theil erstarren liess, und das Flüssige des Inneren ausgoss. So erhaltene Stücke wurden durch kupferne Hämmer und Werkzeuge zerschlagen, und diejenigen Krystallgruppen ausgelesen, bei denen sämmtliche Krystalle eine symmetrische Anordnung besassen, also wahrscheinlich in gleicher Richtung wirkten. Wenn diese Stücke irgendwo mit dem eisernen Löffel in Berührung gewesen waren, wurden sie durch Abreiben mit Sandstein und Sandpapier gereinigt. So wurden leicht Stücke von 18 bis 100 Grm. erhalten.

2458. Der zuerst angewandte Elektromagnet war der schon beschriebene (2247), versehen mit beweglichen Endstücken, die konische, runde oder flache Pole darboten. Zur leichten und gegen magnetischen Einfluss gesicherten Aufhängung des Wismuths wurde gewöhnlich die folgende Vorrichtung gewählt. Ein einfacher Conconfaden, 12 bis 24 Zoll lang, der oben an einem passenden Gestelle hing, war unten an dem Ende eines dünnen geraden und wohl gereinigten Kupferdrahtes von 2 Zoll Länge befestigt; das untere Ende dieses Drahtes war zu einem Knöpfchen aufgewickelt und dort versehen mit einem Klümpchen Kitt aus 4 Th. weissem Wachs und 1 Th. Canadabalsam. Der Kitt war weich genug, um bei Druck an jede trockne Substanz zu kleben, und doch so hart, dass er Gewichte von 300 Gran und darüber trug. Diese Vorrichtung wurde zuvörderst allein dem Magnet ausgesetzt, um zu ermitteln, ob sie keine Einwirkung von demselben erleide, denn sonst wären die Resultate nicht zuverlässig gewesen.

2459. Ein Stück von ausgelesenem Wismuth (2457), 25 Gran schwer, wurde zwischen den Polen eines Magnets aufgehängt; es bewegte sich mit grosser Freiheit. Die es bildenden Würfel sassen, wie gewöhnlich, hauptsächlich in der zwei gegenüberliegende Ecken verbindenden Linie an einander, und diese Linie lag auch in der grössten Länge des Stücks. Sowie die Magnetkraft erregt ward, schwang das Wismuth stark um eine gewisse Linie, in welcher es zur Ruhe kam; aus derselben abgelenkt, kehrte es, losgelassen, in sie zurück, und stellte sich mit bedeutender Kraft, seiner grössten Länge nach, axial.

2460. Nun wurde ein anderes Stück von flacherer Form ausgelesen; der Magnetkraft unterworfen, stellte es sich mit gleicher Kraft und Leichtigkeit, aber, seiner grössten Länge nach, äquatorial; doch hatte die Linie, nach welcher die Würfel sich diametral an einander reihten, eine axiale Richtnng. Andere Stücke von anderer Form oder durch Abreiben auf Stein in andere Formen gebracht, stellten sich alle gut ein und nahmen zuletzt eine Lage an, die keine Beziehung zu dieser Form hatte, sondern offenbar von der krystallinischen Beschaffenheit der Substanz abhing.

2461. In allen diesen Fällen war das Wismuth diamagnetisch, ward stark von jedem Magnetpol abgestossen oder aus der Axiallinie geworfen, und zwar nur bei Gegenwart der Magnetkraft. Es begab sich in eine vollkommen bestimmte Lage und kehrte, aus ihr abgelenkt, immer dahin zurück, sobald die Ablenkung nicht über 90° hinausging; dann drehte es sich weiter und nahm eine neue, gegen die frühere, diametrale Lage an, die es mit gleicher Kraft und in gleicher Weise behauptete. Diese Erscheinung war bei allen Resultaten, über die ich berichten werde, die allgemeine; ich will sie mit den Worten, diametral, diametrale Einstellung oder Lage, bezeichnen.

2462. Die Erscheinung zeigt sich auch bei einem einzelnen Magnetpol, und es ist dann auffallend, zu sehen, dass eine so diamagnetische Substanz wie Wismuth abgestossen wird, und sich doch zugleich mit Kraft in die axiale Lage dreht, wie es eine magnetische Kraft thun würde.

2463. Diese Wirkung auf das Wismuth ist gleich, die angewandten Magnete (2358) mögen spitz, rund oder flach sein; dessungeachtet hat die Gestalt der Pole einen wichtigen Einfluss untergeordneter Art, und einige Gestalten eigenen sich mehr als andere zu diesen Untersuchungen. Bei Anwendung

zugespitzter Pole divergiren die Magnetkraftlinien (2149) rasch, und die Kraft nimmt nach der Mitte des Abstandes von jedem Pole hin ab. Allein bei Anwendung flacher Pole giebt es, obwohl die Kraftlinien gekrümmt, und an und nach den Enden der Flächen hin von verschiedener Stärke sind, doch in der Mitte des magnetischen Feldes einen Raum, wo diese Linien als parallel und überall als von gleicher Stärke betrachtet werden können. Sind die Flächen der Pole quadratisch oder kreisrund, und stehen sie um etwa ein Drittel ihres Durchmessers aus einander, so hat dieser Raum von gleichförmiger Kraft eine bedeutende Ausdehnung. Bei meinem Versuche ist der centrale oder axiale Theil des Magnetfeldes merklich schwächer als der ihn umgebende Theil; allein jede Polfläche hat in der Mitte ein kleines Schraubenloch zur Befestigung anders gestalteter Enden.

2464. Nun ist es Gesetz bei der Wirkung des Wismuths als eines diamagnetischen Körpers, dass es von stärkeren zu schwächeren Orten der Magnetkraft (2267. 2418) zu gehen strebt; allein als ein magnekrystallischer Körper ist es keinem Effect der Art unterworfen, und wird von Linien gleicher Kraft so stark wie von anderen afficirt. So scheint ein Stück amorphes Wismuth, in einem Magnetfelde von gleicher Kraft aufgehängt, seine diamagnetische Kraft gänzlich verloren zu haben, und keine andere Bewegung anzunehmen als die von der Torsion des Aufhängefadens oder von Luftströmen herrührende; allein ein Stück von regelmässig krystallisirtem Wismuth wird, unter gleichen Umständen, vermöge seiner magnekrystallischen Beschaffenheit, stark afficirt.

2465. Diess giebt einem Magnetfelde von gleichförmiger Kraft einen grossen Werth, und wenn daher bei Ausdehnung dieser Untersuchungen auf Körper von nur geringer Krystallkraft ein vollkommen gleichförmiges Feld erfordert würde, könnte man es leicht dadurch erhalten, dass man die Polfläche etwas convex machte oder an den Kanten mehr oder weniger abrundete. Die erforderliche Gestalt liesse sich durch Rechnung finden, oder in Praxis vielleicht besser durch einen kleinen Probecylinder von körnigem oder amorphem Wismuth oder von Phosphor.

2466. Hierzu mag noch bemerkt werden, dass kleine Krystalle oder kleine Krystallmassen und zwar solche, die in ihrer allgemeinen Gestalt dem Würfel oder der Kugel nahe kommen, besser als grosse oder längliche Stücke sind, in sofern als

solche Stücke, wenn Unregelmässigkeiten in der Stärke des Magnetfeldes vorkommen, weniger von ihnen gestört werden.

2467. Wenn sich ein Wismuthkrystall in einem Magnetfelde von gleichmässiger Stärke befindet, wird er gleich gut afficirt, er mag in der Mitte des Feldes oder einem der Magnetpole sehr nahe sein, d. h. die Anzahl der Schwingungen scheint in gleichen Zeiten gleich zu sein. Es erfordert indess viel Sorgfalt, diess auf solche Weise auszumitteln, weil wegen des beiden Lagen instabilen Gleichgewichts in der äquatorialen Richtung, die Schwingungen in grossen Bogen viel langsamer geschehen als die in kleinen, und es ist schwierig in verschiedenen Fällen die Bogen gleich zu halten.

2468. Das Wismuth mag in einem Felde von starker oder schwacher Magnetkraft befindlich sein, die Magnetpole mögen dicht neben dem Stücke ruhen oder fünf, sechs und selbst zwölf Zoll aus einander gerückt sein, das Wismuth mag in oder über oder unter der Linie des Kraftmaximums schweben, der elektrische Strom und folglich die Magnetkraft mag stark oder schwach sein: stets erleidet das Wismuth, wenn überhaupt eine da ist, einerlei Einwirkung.

2469. Die Resultate sind insgesammt sehr verschieden von denen der diamagnetischen Action (2418), eben so wie von denen der gewöhnlichen magnetischen Action. Sie sind auch verschieden von denen, welche *Plücker* entdeckt und in seinen schönen Untersuchungen über den Zusammenhang der optischen Axen mit der magnetischen Action beschrieben hat, denn dort ist die Kraft äquatorial, während sie hier axial ist. So scheinen sie uns also eine neue Kraft oder Kraftform in den Körpertheilchen darzubieten, welche ich, der Bequemlichkeit halber, durch ein neues Wort, durch: Magnekrystallkraft (*magnecrystallic force*) bezeichnen will.

2470. Die Richtung dieser Kraft ist, in Bezug auf das magnetische Feld, axial und nicht äquatorial; diess ergiebt sich aus verschiedenen Betrachtungen. Als z. B. ein Stück regelmässig krystallisirtes Wismuth aufgehängt ward, stellte es sich ein. Es in dieser Lage haltend, wurde der Aufhängepunkt um 90 Grad in der Aequatorialebene (2252) fortgerückt, so dass, als es wieder frei schwebte, die Linie durch den Krystall, welche zuvor horizontal in der Aequatorial-Ebene war, jetzt vertical stand; das Stück stellte sich wiederum ein und gewöhnlich mit mehr Kraft als zuvor. Die durch den Krystall gehende, mit der Magnetaxe coïncidirende Linie, kann

nun als Kraftlinie angesehen werden; und wenn die Drehung um einen Viertelkreis in der Aequatorialebene auch wie oft wiederholt wird, fährt der Krystall dennoch fort, sich mit der angenommenen Kraftlinie, und zwar mit einem Maximum der Kraft, in die Magnetaxe zu stellen. Verschiebt man nun aber den Aufhängepunkt um 90 Grad in der Ebene der Axe, d. h. nach dem Ende der angenommenenen Kraftlinie hin, so dass, wenn der Krystall wiederum frei schwebt, diese Linie vertical ist, so äussert der Krystall nur ein Minimum seiner eigenthümlichen Wirkung, indem er die Richtkraft fast oder ganz verloren hat und nur die gewöhnliche diamagnetische Kraft zeigt (2418).

2471. Wäre nun die Kraft äquatorial und polar gewesen, so würde ihr Maximum-Effect nicht durch eine Verschiebung des Aufhängepunkts um 90 Grad in der Aequatorial-, sondern durch eine gleiche Verschiebung in der Axial-Ebene hervorgebracht sein, und eine gleiche Verschiebung nach der in der Axial-Ebene würde die Maximum-Kraft nicht gestört haben; wogegen eine einzige Verschiebung von 90° in der Aequatorial-Ebene die Kraftlinie in die Verticale gebracht (wie beim Kalkspath in *Plücker*'s Versuch) und die Wirkung auf ein Minimum oder auf Null reducirt hätte.

2472. Die Richtkraft so wie die Einstellung des Krystalls ist also eine axiale. Diese Kraft hat ihren Sitz ohne Zweifel in den Theilchen des Krystalls. Sie ist eine solche, dass der Krystall mit gleicher Leichtigkeit und Beständigkeit zwei diametrale Lagen annehmen kann, und zwischen diesen giebt es zwei äquatoriale Gleichgewichtslagen, die natürlich instabiler Natur sind. Sowohl bei diesen Erscheinungen als bei den gewöhnlichen der Krystallform ist jedes Ende der Masse oder ihrer Molecüle in allen Beziehungen dem anderen Ende gleich; und in vielen Fällen würden daher die Worte axial und Axialität bezeichnender sein als die: polar und Polarität. Mir scheinen auch die ersteren Worte nützlicher zu sein.

2473. Bei Versetzung des Wismuths in andere, also gezwungene Lagen bringt der Magnet, wie stark oder wie lange er auch wirken mag, keine Aenderung in dem Zustande oder der Grösse und Richtung der Kraft hervor.

2474. Es hält schwer die Lage dieser Kraft in Bezug auf den Krystall einfach zu beschreiben, obwohl es sehr leicht ist, sie experimentell zu ermitteln. Die Gestalt der Wismuthkrystalle soll die eines Würfels und die Primitivform ein Octaëder

sein; mir aber scheinen sie nicht Würfel, sondern entweder Rhomboëder oder rhombische, dem Würfel sehr nahe kommende Prismen zu sein*). Meine Messungen waren sehr unvollkommen, und meine Krystalle nicht regelmässig; allein als Durchschnitt aus mehreren Beobachtungen ergab sich die gegenseitige Neigung der Flächen zu $91^1/_2{}^0$ bis $88^1/_2{}^0$ und der Kanten einer Fläche zu $87^1/_2{}^0$ bis $92^1/_2{}^0$. Was auch die wahre Gestalt sein möge, so ergiebt doch der blosse Anblick, dass die Aggregatkraft Krystalle von mehr oder weniger rhomboëdrischer Gestalt mit rhombischen Flächen zu bilden strebt; und dass diese Krystalle, gewöhnlich in Richtungen ihrer längsten Dimensionen, zu symmetrischen Gruppen verwachsen. Nun fällt die Linie der Magnekrystallkraft fast immer zusammen mit dieser Richtung, wo sie sichtbar ist.

2475. Die Spaltungsflächen der Wismuthkrystalle stumpfen die Ecken ab und bilden ein Octaëder; sie sind indess, nach meiner Erfahrung, nicht leicht zu erhalten, und nicht gleich blank und vollkommen. Ein Paar, oder häufiger noch, bloss eine dieser Flächen ist vollkommener als die übrigen, und diese, die vollkommenste Fläche, wird an der scharfen Ecke (2474) gebildet und ist ungemein leicht zu erkennen. Wenn ein Wismuthkrystall, der viele Spaltungsflächen darbietet, im diamagnetischen Felde aufgehängt wird, so wendet sich eine dieser Flächen gegen einen der Magnetpole, und die entsprechende Fläche, falls sie vorhanden ist, gegen den andern, so dass die Linie der Magnekrystallkraft winkelrecht ist auf dieser Fläche. Diese Fläche entspricht einer derjenigen, welche ich schon als gewöhnlich die vollkommensten beschrieben habe, und sie stumpft die scharfe Ecke des Krystalles ab.

2476. Aus der Wismuthmasse schnitt man, mittelst kupferner Werkzeuge, einen einzelnen Krystall heraus, und rieb die Stellen, wo er angesessen hatte, mit Sandpapier sb, um ihn eine Würfelgestalt zu geben; vier seiner sechs Flächen waren natürlich. Eine der Ecken, in der muthmasslich die Linie der Magnekrystallkraft auslief, wurde abgestumpft; die Spaltungsfläche war, wie auch zu erwarten, blank und vollkommen. Als der Krystall, mit dieser Fläche vertical, im magnetischen Felde aufgehängt wurde, stellte er sich mit beträchtlicher Kraft ein, und zwar diese Fläche dem einen oder anderen Magnetpol zu-

*) Bekanntlich ist die Rhomboëdergestalt der Wismuthkrystalle auch schon von Prof. *G. Rose* näher bestimmt. (Pogg. Ann. Bd. 77 S. 143.)

wendend, so dass die Magnekrystallaxe nun horizontal zu liegen und mit grösster Kraft zu wirken schien. Wurde diese axiale Linie vertical, folglich die Fläche horizontal gestellt, so richtete sich der Krystall durchaus gar nicht. Als nun der Würfel nach einander an allen Ecken und Flächen aufgehängt wurde, stellte er sich mit mehr oder weniger Kraft ein, jedoch immer so, dass die auf der Spaltungsfläche rechtwinklige Linie (die also die Kraftlinie vorstellt) in derjenigen Verticalebene lag, welche die Magnetaxe einschloss. Wenn endlich die Spaltungsebene horizontal, also die Richtkraft vertical war, und man neigte sie ein wenig in gegebener Richtung, so liess sich bewirken, dass jeder beliebige Theil des Krystalls sich gegen die Magnetpole richtete.

2477. Eine Gruppe von Wismuthkrystallen, die an ihrem Scheitel eine einzelne kleine Spaltungsfläche besass, gab dieselben Resultate.

2478. Bisweilen kamen Krystallgruppen (2457) vor, die sich nicht in eine Lage bringen zu lassen schienen, in der sie alle Richtkraft verloren, die vielmehr immer ein Minimum von dieser Kraft behielten. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, dass alle diese Gruppen in der Anordnung ihrer Theile vollkommen symmetrisch gewesen sein sollten; auffallender ist es vielmehr, dass ihre Wirkung noch so entschieden war. Bei Wismuth und bei vielen anderen Körpern liefert vermuthlich die Magnetkraft eine wichtigere Anzeige von der wesentlich und wahrhaft krystallinischen Structur als es die Gestalt zu thun vermag.

2479. Wie schon angeführt, äussert sich die Magnekrystallkraft nicht durch Anziehung oder Abstossung, oder wenigstens bewirkt sie keine Annäherung oder Entfernung, sondern sie verleiht nur Richtung. Das Gesetz der Wirkung scheint darin zu bestehen, dass die Linie oder Axe der Magnekrystallkraft (als der Resultanten der Wirkung der Molecule) sich zu der durch den Ort des Krystalls gehenden Magnetcurve oder Magnetkraftlinie parallel oder tangential zu stellen sucht.

2480. Ich zerbrach nun Wismuthmassen, welche geschmolzen und in gewöhnlicher Weise erstarrt waren, und wählte zu dem Versuche diejenigen Stücke aus, die mir am regelmässigsten krystallisirt zu sein schienen. Es war fast unmöglich, das

kleinste Stück zu nehmen, welches nicht dem Magnet gehorchte, sich mehr oder weniger leicht einstellte. Unter dünnen Platten mit vollkommenen Spaltungsflächen fanden sich leicht einige, die in jeder Hinsicht den Krystallen entsprachen, allein dickere Platten, eckige Stücke gaben complicirte, obwohl in Bezug auf die Gestalt einfache und regelmässige Resultate. Hin und wieder erwiess sich die Spaltungsfläche, welche ich im Voraus für die auf der Kraftlinie (2475) winkelrechte gehalten hatte, nicht als solche; allein nach sorgfältigem Beobachten der Richtung der Magnekrystallkraft fand oder erhielt ich durch Spaltung immer eine ihr entsprechende Fläche, welche das zuvor beschriebene Ansehen und Kennzeichen besass. Wismuthplatten von 0,05 bis 0,10 Zoll in Dicke und von parallelen und ähnlichen Flächen begränzt, erwiesen sich nach dem Zerbrechen als zusammengesetzt und unregelmässig.

2481. Wenn eine wohl ausgelesene Wismuthplatte (die meinige war 0,3 Zoll lang und breit und etwa 0,05 Zoll dick) an der Kante im magnetischen Felde aufgehängt wird, kommt sie schwingend und ihre Seiten den Magnetpolen zuwendend, diametral zur Ruhe (2461). Mit welchem Theil der Kante sie aufgehängt sein mag, ist doch das Resultat dasselbe. Wird sie aber horizontal so aufgehängt, dass die Spaltungsflächen parallel sind der Ebene der Bewegung, so ist sie ganz indifferent, denn die Linie der Magnekrystallkraft ist auf der Linie der Magnetkraft senkrecht, in jeder Lage, welche sie annehmen kann.

2482. Wird aber die Platte nur um eine sehr kleine Grösse aus dieser Lage geneigt, so richtet sie sich, und zwar mit desto mehr Kraft, je verticaler die Flächen sind (2475). Das zuvor bei einem Krystall beschriebene Phänomen (2476), kann hier mit einem Bruchstück von einer Masse erhalten werden, und jeder Theil der Kante der Platte lässt sich zur axialen Einstellung bringen, je nachdem man ihn über oder unter die Horizontalebene versetzt.

2483. Wenn man eine Anzahl solcher krystallinischer Platten mittelst des Magnets ausgelesen hat, kann man sie hernach durch Kitt (2458) zu einer Masse vereinen, welche eine vollkommen regelmässige magnekrystallinische Wirkung ausübt, und in dieser Beziehung den zuvor besprochenen Krystallen (2459, 2468, 2476) ähnelt. In dieser Weise lässt sich auch die diamagnetische Wirkung des Wismuths

neutralisiren, denn es ist leicht ein Prisma von gleicher Breite und Dicke aufzubauen, welches, mit der Länge vertical aufgehängt, sich gut einstellt, ohne durch die diamagnetische Wirkung gestört zu werden.

2484. Stellt man drei gleiche Platten rechtwinklig zu einander, so erhält man ein System, welches alle Richtkraft gegen den Magnet verloren hat, indem dessen Kraft in jeder Richtung neutralisirt ist. Diess repräsentirt also den Fall von fein krystallisirtem oder amorphem Wismuth. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man eine ausgelesene gleichförmige Masse von Krystallen (2457) in einer Glasröhre schmelzt und wieder erstarren lässt; sobald die Krystallisation nicht gross und deutlich ist, was selten der Fall ist, erhält man ein Stück scheinbar ohne alle Magnekrystallkraft. Ein gleiches Resultat erhält man, wenn man den Krystall zerbricht, die Stückchen oder das Pulver in eine Röhre bringt, und so das Ganze dem Magnete aussetzt.

2485. Diese Versuche mit Wismuth sind nicht schwer zu wiederholen; denn mit Ausnahme derer, die ein plötzliches Entstehen oder Verschwinden der Magnetkraft erfordern, lassen sich alle mit einem gewöhnlichen Hufeisenmagnet wiederholen. Ein Magnet, mit dem ich Bedeutendes geleistet habe, besteht aus sieben aneinander liegenden Lamellen, die, in einer Büchse mit den Polen aufwärts befestigt, zwei Magnetbacken (*magnet cheeks*) in dem Abstande von $^5/_4$ Zoll darbieten, zwischen welchen das magnetische Feld mit Kraftlinien von horizontaler Richtung erfüllt ist. Die Magnetpole müssen beide mit Papier bekleidet werden, um die Anhaftung von Eisentheilchen oder Rost zu verhüten. Der beste Ort für das Wismuth ist natürlich zwischen den Polen, nicht im Niveau mit deren Scheiteln, sondern 0″,4 bis 1″,0 tiefer (2463), damit man die Wirkung flacher Pole erlangte. Ist es wünschenswerth die Kraftlinien zu verstärken, so kann es dadurch geschehen, dass man ein Stück Eisen zwischen die Magnetpole bringt, und somit, indem man diese virtuell einander nähert, die Weite des Magnetfeldes zwischen ihnen verringert.

2486. Der angewandte Magnet trägt mittelst seines Ankers 30 Pfund; allein bei Anwendung kleiner Stücke Wismuth habe ich die Wirkungen leicht mit Magneten erhalten, die nicht mehr als 7 Unzen wogen und nur 22 Unzen trugen. Die Versuche stehen also in Jedermanns Bereich.

2487. So lange der Wismuthkrystall im magnetischen Felde ist, wird er sehr deutlich und selbst stark durch die Annäherung von weichem Eisen oder einem Magnet afficirt, und zwar in folgender Weise. Stelle Fig. 4 die Lage der beiden Haupt-Magnetpole und ein Stück krystallisirtes Wismuth, welches, vermöge seiner Magnekrystallität, zwischen ihnen sich axial richtet, im Grundriss vor. Legt man nun ein Stück weiches Eisen an die Backe des Pols, z. B. in *e*, und dem Wismuth nahe, wie in *a*, so wird letzteres afficirt und nähert sich dem ersteren. Wird das Eisen in ähnlicher Weise bei *f*, *g* oder *h* angebracht, so bewirkt es eine gleiche Bewegung des Wismuths; die mit *b*, *c* oder *d* bezeichneten Theile nähern sich dem Eisen und scheinen angezogen zu werden. Wenn das weiche Eisen den Magnetpol nicht berührt, sondern zwischen diesem und dem Wismuth, im Ganzen in derselben Lage, gehalten wird, so erhält man dieselben Wirkungen, nur schwächer.

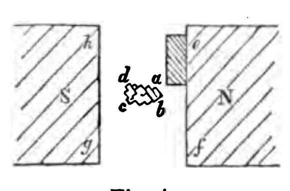


Fig. 4.

2488. Obwohl diese Bewegungen einen Anziehungseffect anzudeuten scheinen, so glaube ich doch nicht, dass sie aus einer solchen Ursache entspringen, sondern dass sie einfach Folgen aus dem zuvor (2479) angegebenen Gesetze sind. Die bis dahin gleichförmige Beschaffenheit des magnetischen Feldes ist durch die Gegenwart des Eisens zerstört. Magnetkraftlinien, von grösserer Intensität als die übrigen gehen, in der abgebildeten Lage, von der Ecke *a* des Eisens aus, und, in den übrigen Lagen, von den entsprechenden Ecken (indem sich die Gestalt des Poles nun mehr oder weniger einer konischen oder spitzen nähert); und deshalb dreht sich der Wismuthkrystall um die Aufhängeaxe, damit er die Linie der Magnekrystallkraft parallel oder tangential zu der Resultante der durch seine Masse gehenden magnetischen Kräfte stellen könne.

2489. Wird statt der Krystallgruppe eine krystallinische Platte von Wismuth angewandt, so haben die unter ähnlichen Umständen auftretenden Erscheinungen das Ansehen einer Abstossung. Stelle Fig. 5 diesen Zustand der Dinge vor. Das Eisenstück, in *e* angelegt, bewirkt ein Zurückweichen des Wismuths bei *a*; ebenso in *f*, *g*, *h* angelegt, veranlasst es ein Zurückweichen desselben an den Punkten *b*, *c*, *d*; diese Er-

scheinungen sehen wie Abstossungen aus, und doch sind sie, wie ich schliesse, nur Folgen der Bestrebung des Wismuths, gemäss dem zuvor angegebenen Gesetz (2479), die magnekrystallische Kraftlinie parallel oder tangential zur Resultante der durch seine Masse gehenden Magnetkraft zu stellen.

2490. Ein Eisenstück von etwa $1^1/_2$ Zoll Länge und 0,1 bis 0,2 Zoll Dicke wurde in der Aequatorialebene an den Rand der Wismuthplatte (Fig. 6) gehalten; es änderte deren Lage nicht. Allein als das Ende *e* zu einem der Pole gedreht wurde, begann die Platte sich zu bewegen, und sie bewegte sich am meisten, wenn, wie in der Figur, das Eisen den Pol berührte. Wenn es dem Pol *N* nahe kam oder ihn berührte, drehte sich die Wismuthplatte, wie es die punktirte Figur andeutet. Berührte es den Pol *S*, so war die Drehung entgegengesetzt. Wurde das Ende *e* mit dem Pol *N* in Berührung

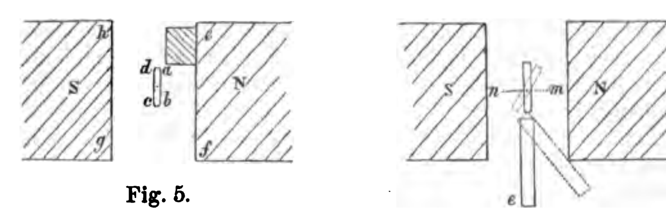


Fig. 5.

Fig. 6.

gehalten, und das andere Ende des Eisens in die Lage *m* gebracht, so wurde das Wismuth nicht afficirt; allein wenn man den Hülfspol in der einen oder anderen Weise gegen den Rand der Platte bewegte, drehte sich diese, so wie der Pol sich bewegte, immer ihre Seite demselben zugewandt strebend, offenbar durch die Tendenz der Magnekrystallaxe, sich der Resultante der durch das Wismuth gehenden Magnetkraft parallel zu stellen. Dieselben Resultate wurden unter gleichen Umständen mit dem Krystall (2487) erhalten, und entsprechende Resultate ergaben sich auch, wenn der weiche Eisenstab zwischen dem Pole *S* und dem Wismuth angebracht ward. Gleiche Resultate lieferten endlich auch die Platten von Arsenik und Antimon.

2491. Bei Anwendung eines Magnets statt des weichen Eisens werden entsprechende Resultate erhalten. Nur ist zu bemerken, dass der Hauptmagnet, wenn er sehr kräftig ist, den Magnetismus des kleinen genäherten Magnets oft neutralisiren,

ja selbst umkehren kann, und zwar (in Bezug auf äusseren Einfluss), während letzterer im magnetischen Felde ist, selbst wenn er, herausgezogen, unverändert zu sein scheint.

2492. Als z. B. die Wismuthplatte zwischen den Backen (*cheeks*) des Hufeisenmagnets (2485) aufgehängt (Fig. 5) und der Nordpol des kleinen Magnets (der Klinge eines Taschenmessers) in *a* oder *b* angebracht ward, bewirkte dieser ein Zurückweichen des ihm nahen Theils der Platte, genau aus denselben Gründen wie das weiche Eisen. Wurden die Extrapole nach *c* oder *d* versetzt, war die Wirkung schwächer als im ersten Fall, und sie bestand in einer Annäherung jenes Theils der Platte zu dem Pole. Da diese Lage des Hülfspols gewisse vom Südpol des Hufeisenmagnets ausgehende Magnetkraftlinien begränzt (*terminate*) und neutralisirt, so wird die Resultante der durch das Wismuth gehenden Kraftlinien in ihrer Richtung geändert und schiefer gegen ihren früheren Lauf gestellt, genau wie es die Bewegung des Wismuths, vermöge dessen Tendenz seine Kraftlinie jenen in ihrer neuen Lage parallel zu stellen, andeutet.

2493. Ein genäherter Südpol bewirkt Bewegungen in umgekehrter Richtung.

2494. Wenn der kleine Magnet in äquatorialer Lage mit einem Pole dem Rande der Platte genähert wird (Fig. 6), so bewirkt er, da er nicht wie das Eisen neutral ist, eine Bewegung der Platte in tangentialer Richtung, entweder nach der Rechten oder Linken, je nach dem es der Süd- oder Nordpol war, just wie es das Eisen that, wenn durch Neigen das genäherte Ende ein Pol geworden (2490). Diese Erscheinung zeigt sich in noch auffallenderem Grade bei Anwendung eines Wismuthkrystalles (2487), weil, vermöge seiner Gestalt und Lage, die Magnetcurven am meisten von dem Hülfspol afficirt und daher mehr in das Wismuth eingeschlossen werden, als wenn eine Platte gebraucht wird.

2495. Unzählige Abänderungen dieser Bewegungen, scheinbare Anziehungen und Abstossungen oder tangentiale Einwirkungen, lassen sich nach Belieben erhalten durch Anwendung von Krystallen, deren Magnekrystallaxe ihrer Länge entspricht, oder von Platten, wo sie der Dicke nach liegt, und von permanenten oder temporären magnetischen Hülfspolen. Führt man den beweglichen Pol langsam rund um das Wismuth, von dem neutralen Punkt *m* an bis zu einem anderen Neutralpunkt *n* (Fig. 6), so erhält man einen Inbegriff aller Erscheinungen, und man findet, dass sie sich sämmtlich in

dem zuvor aufgestellten allgemeinen Gesetz auflösen (2479), dass die Magnekrystallaxe und die durch das Wismuth gehende Resultante der Magnetkraft parallel zu werden streben.

2496. Somit kann ein kleiner Krystall oder Wismuth oder Arsenik (2532) ein sehr nützlicher und wichtiger Anzeiger der Richtung der Kraftlinien in einem magnetischen Felde werden, denn während er durch seine Lage den Lauf derselben veranschaulicht, stört er sie zugleich durch seine eigene Wirkung nicht merklich.

2497. Viele dieser Bewegungen haben Aehnlichkeit und Beziehung zu denen, welche *Plücker*, *Reich* und Andere bei Einwirkung von Eisen und Magneten auf Wismuth in seinem gewöhnlichen diamagnetischen Zustande erhalten haben. Sie und Andere betrachten diese Erscheinungen als Anzeige, dass das Wismuth, wie auch ich anfangs vermuthete (2429 etc.), in seinem diamagnetischen Zustande eine, obwohl umgekehrte, magnetische Polarität (*magnetic condition*) wie das Eisen besitze. Ich bin nicht mit allen ihren Arbeiten bekannt, aber das, was ich davon kenne und wiederholt habe, scheint mir das einfache Resultat des früher (2267. 2418) aufgestellten Gesetzes zu sein, nämlich, dass diamagnetische Körper dahin streben, von Orten stärkerer Magnetkraft zu Orten schwächerer zu gehen. Sie liefern von der vermeintlichen umgekehrten Polarität des Wismuths so wenig einen neuen, noch anderen Beweis, als die früher von mir beschriebenen Fälle, die sich jenem Gesetze unterordnen.

2498. In der Voraussetzung, es möchte ein dazwischenliegendes oder umgebendes Mittel die magnekrystallische Wirkung des Wismuths und anderer Körper einigermassen verändern, befestigte ich die Magnetpole in einem gewissen Abstande (2 Zoll) von einander, hing in der Mitte des magnetischen Feldes einen Wismuthkrystall auf und beobachtete dessen Schwingungen und Ruhelage. Dann schob ich, ohne sonst etwas zu ändern, zwischen Pole und Krystall Schirme von Wismuth, nämlich Klötze von 2 Zoll im Quadrat und 0,75 Zoll Dicke; allein ich konnte nicht wahrnehmen, dass durch deren Gegenwart eine Aenderung in den Erscheinungen hervorgebracht wurde.

2499. Der Wismuthkrystall (2459) wurde im Wasser zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets aufgehängt. Seine Ruhelage stimmte mit dem allgemeinen Gesetz (2479) wohl

überein; fünf Umgänge des Torsionszeigers am obern Ende des seidenen Aufhängefadens waren erforderlich, um ihn aus dieser Lage in die diametrale zu drehen. So weit ich es beobachten konnte, war derselbe Betrag von Torsionskraft zu demselben Effect erforderlich, wenn der Krystall bloss von Luft umgeben war.

2500. Dasselbe Wismuth wurde nun in einer gesättigten Lösung von Eisenvitriol (als einem magnetischen Medium) aufgehängt; die Einstellung geschah wie zuvor, anscheinend mit keiner Art von Veränderung, und, wie zuvor, waren fünf Umdrehungen des Torsionszeigers erforderlich, um den Krystall aus seiner Lage in die diametrale zu bringen.

2501. Krystalle von Wismuth mögen daher von Luft, Wasser oder Eisenvitriollösung umgeben, oder zwischen dicken Wismuthmassen befindlich sein, so üben sie doch, einer gleichen Magnetkraft unterworfen, sowohl der Natur und Richtung als dem Betrage nach, dieselbe Magnekrystallkraft aus.

2502. Es schien möglich, ja wahrscheinlich, dass die Magnetkraft auf die Krystallisation des Wismuths und anderer Körper einwirke. Denn da die Magnetkraft auf die Masse eines Krystalls vermöge derjenigen Kraft wirkt, welche seine Theilchen besitzen und durch ihren polaren oder axialen (2472) und symmetrischen Zustand dem ganzen Krystall verleihen, und da die Ruhelage der Krystallmasse im magnetischen Felde als die des geringsten Zwanges betrachtet werden kann, so ward es wahrscheinlich genug, dass wenn man Wismuth in flüssigem Zustande dem Einfluss des Magnetismus aussetzte, die Theilchen desselben eine und dieselbe axiale Lage anzunehmen streben würden, die krystallinische Anordnung der Masse nach ihrer Erstarrung also dadurch in gewissem Grade bedingt sein würde.

2503. Es wurde daher Wismuth in einer Glasröhre geschmolzen und, bis zu seinem Erstarren, im fester Lage im magnetischen Felde gehalten, dann von seiner Glashülle befreit und aufgehängt, damit es unter dem Einflusse des Magnets dieselbe Lage annehme; allein es waren keine Anzeigen von Magnekrystallkraft sichtbar. Ich hatte nicht erwartet, dass das Ganze regelmässig krystallisirt sein würde, sondern nur dass ein Unterschied zwischen der einen oder anderen Richtung vorhanden wäre. Aber es zeigte sich nichts der Art, in welcher Richtung das Stück auch aufgehängt sein mochte; und nach dem Zerbrechen fand sich eine kleinkörnige und

verworrene Krystallisation nach allen Richtungen. Vielleicht erhielte man bessere Resultate, wenn man sich länger Zeit liesse und einen permanenten Magnet anwendete. Ich hatte in Bezug auf die Krystallisation des Goldes, Silbers, Platins und überhaupt der Metalle und anderer Körper viele Hoffnung auf diesen Process gesetzt*).

2504. Ich kann nicht finden, dass Wismuthkrystalle irgend ein, sei es temporäres oder permanentes, Vermögen erlangen, welches sie mit aus dem magnetischen Felde brächten. Ich hielt Krystalle in verschiedenen Lagen im Felde der intensiven Wirkung eines kräftigen Elektromagnetes, dessen konische Pole einander sehr nahe waren, zog sie dann nach einiger Zeit heraus und prüfte sie nun sogleich an einer sehr empfindlichen astatischen Magnetnadel; allein ich konnte nicht wahrnehmen, dass sie in Folge dieser Behandlung irgend eine besondere Wirkung ausübten.

2505. Da ein Wismuthkrystall dem Einfluss der Magnetkraftlinien unterliegt und gehorcht (2479), so folgt, dass er auch der Wirkung des Erdkörpers gehorchen müsse, wiewohl in sehr schwachem Grade. Ich habe einen guten Krystall an einem einfachen sehr langen Coconfaden aufgehängt und ihn durch concentrische Glasröhren möglichst gut vor Luftzug geschützt; ich glaube Anzeigen von Richtkraft beobachtet zu haben. Der Krystall hing so, dass die Magnekrystallaxe denselben Winkel mit dem Horizont machte (etwa 70°) als die magnetische Neigung, und es schien die Axe mit dieser Neigung zusammenfallen zu wollen; jedoch erfordern die Versuche eine sorgfältige Wiederholung.

2506. Wichtiger für die Natur der polaren oder axialen Kräfte des Wismuths ist es, zu wissen, ob zwei Krystalle oder gleichförmig krystallisirte Massen von Wismuth eine Wirkung auf einander ausüben, und wenn dem so ist, welcher Natur diese Wirkung sei, in welcher Beziehung die Theile in der Mitte und an den Enden stehen, und welche Richtung die Kräfte besitzen. Ich habe hierüber viele Versuche gemacht, sowohl in als ausser dem Magnetfelde, aber nur negative Resultate erhalten. Ich wandte jedoch nur kleine Wismuthmassen an, und meine Absicht ist, die Versuche in besserer Jahreszeit

---

*) Bekanntlich hat Hr. Prof. *Plücker* einen ähnlichen Versuch mit Erfolg angestellt.

auf grössere Massen auszudehnen, erforderlichenfalls auf solche, die in der schon beschriebenen Weise (2483) zusammengelegt sind.

2507. Kaum brauche ich wohl zu sagen, dass ein Wismuthkrystall in einem schrauben- oder ringförmigen Draht, der von einem elektrischen Strom durchflossen wird, sich richten muss, und zwar so, dass seine Magnekrystallaxe der Axe der Rolle oder des Ringes parallel werde. Diess ist auch der Fall, wie ich experimentell gefunden.

2. Krystallpolarität des Antimons.

2508. Das Antimon ist ein magnekrystallischer Körper. Krystallische Massen desselben, auf die zuvor (2457) beschriebene Weise dargestellt, wurden durch kupferne Werkzeuge zerstückelt und dadurch einige vortreffliche Krystallgruppen erlangt; sie wogen 10—20 Gran, und alle ihre Krystalle schienen gleichförmig gelagert zu sein. Die einzelnen Krystalle waren im Ganzen sehr gut und, viel häufiger als die des Wismuths, voll an den Flächen und vollständig. Ueberdiess waren sie glänzend, von stahlgrauem oder silbrigem Ansehen, und erschienen dem Auge sicherer kubisch, als die Wismuthkrystalle, obwohl sich hier und da deutliche rhomboidale Flächen zeigten. Durch Abstumpfungen lassen sich Spaltungsflächen erhalten, und von diesen ist eine, wie beim Wismuth, glänzender und vollkommener als die übrigen.

2509. Zuvörderst wurde ermittelt, dass alle diese Krystalle diamagnetisch waren und zwar stark.

2510. Nächstdem überzeugte ich mich, dass sie alle, wie beim Wismuth, die magnekrystallischen Phänomene mit bedeutender Stärke zeigten; indem sie eine Kraftlinie besassen (2470), welche, bei senkrechter Stellung, dem Krystall eine freie Bewegung in jeder Richtung (2476) gestattete, bei horizontaler Lage aber, dem Krystall eine Richtung verlieh und zwar so, dass er sich parallel stellte der durch ihn hingehenden Resultante der Magnetkraft (2479). Diese Linie ging, wie beim Wismuth, von einer Ecke zu der gegenüberliegenden und war winkelrecht auf der oben erwähnten (2508) blanken Spaltungsfläche.

2511. So war denn die Wirkung des Magnets auf diese Krystalle im Allgemeinen dieselbe wie auf die Wismuthkrystalle; allein es gab auch einige Verschiedenheiten, welche eine nähere Angabe und Unterscheidung verlangen.

2512. Zunächst zeigte sich, dass ein gewisser Krystall bei horizontaler Lage seiner Magnekrystallaxe, nach Erregung der Magnetkraft sich nur langsam einstellte und gleichsam zur todten Ruhe kam. Wurde er aus dieser Lage rechts oder links abgelenkt, so kehrte er auf einmal, ohne Schwingungen, dahin zurück. Andere Krystalle thaten unvollkommen dasselbe, und noch andere machten vielleicht eine oder zwei Schwingungen; aber alle schienen sich wie in einer dicken Flüssigkeit zu bewegen und waren in dieser Beziehung dem Wismuth, das frei und leicht vibrirte (2459), äusserst ungleich.

2513. Nächstdem zeigte sich keine Einstellung oder anderweitige Aeusserung der Magnekrystallkraft, wenn die Krystalle so aufgehängt wurden, dass ihre Magnekrystallaxe vertical war; allein es traten andere Erscheinungen auf. Denn wenn, bei erregter Magnetkraft, die Krystallmasse in Drehung versetzt ward, so blieb sie plötzlich stehen, und wurde in einer Lage festgehalten, welche, wie sich experimentell ergab, eine jede sein konnte. Wenn sich indess die grösste Länge ausserhalb der axialen oder äquatorialen Lage befand, so folgte dem Stillstand, bei Unterbrechung des elektrischen Stroms (2315), eine rückgängige Bewegung. Die Bewegung war niemals gross, am grössten wenn die Länge der Masse etwa einen Winkel von 45° mit der Axe des Magnetfeldes machte.

2514. Bei weiterer Untersuchung ergab sich, dass dieses Stillstehen und Zurückspringen genau von gleicher Art war wie das früher bei Kupfer und anderen Metallen beobachtete (2309), auch aus derselben Quelle entstand, nämlich daraus, dass unter dem inductiven Einfluss des Magnets kreisrunde elektrische Ströme entstehen. Nun erhellt, warum vorhin die Antimonkrystalle nicht oscillirten (2512), und warum sie auch gleichsam absterbend (*with a dead set*) ihrer Ruhelage zuwanderten. Denn die durch die Bewegung erzeugten Ströme waren gerade diejenigen, welche die Bewegung zu hemmen suchten (2329)*). Obwohl die Magnekrystallkraft hinlänglich ist, den

*) Wenn sich Jemand eine genügende Idee von der hemmenden Wirkung dieser inducirten Ströme machen will, so nehme er einen Klumpen dichten Kupfers, von annähernd würfliger oder kugelförmiger Gestalt, 8 bis 16 Loth schwer, hänge denselben an einem langen Faden auf, versetze ihn in rasche Rotation, und bringe ihn so, wirbelnd, in das Magnetfeld eines Elektromagnets. Augenblicklich wird er die Bewegung gehemmt sehen; auch wird er es unmöglich finden, den Klumpen, so lange er in dem Felde ist, wieder in Wirbel zu versetzen.

Krystall zu bewegen und zu richten, so ist es doch gerade die so entstandene Bewegung, welche Ströme erzeugt, die auf die Tendenz zur Bewegung rückwirken und veranlassen, dass die Masse auf ihre Ruhelage zugeht, wie wenn sie sich in einer dicken Flüssigkeit bewegte.

2515. Nach dieser erweiterten Kenntniss vom Stillstehen und Rückgehen des Antimons (Erscheinungen, die abhängen von seinem, im Vergleich zum Wismuth, höheren Leitvermögen im compacten krystallinischen Zustand) hat es keine Schwierigkeit die Identität der Magnekrystallkraft dieses Metalls mit der des Wismuths, so wie aller Resultate in ihren wesentlichen Charakteren, darzuthun. In vielen Stücken von Antimonkrystallen schien die Kraft geringer als im Wismuth zu sein, doch wohl nur scheinbar, denn die eben beschriebene Wirkung der Inductionsströme sucht die magnekrystallischen Phänomene zu verstecken.

2516. Verschiedene Antimonstücke schienen auch in der Kraft, mit der sie sich einstellten, sowie in der Neigung, die Erscheinungen des Rücksprunges zu zeigen, von einander abzuweichen. Aber diese Unterschiede sind nur scheinbar oder lassen sich leicht erklären; die Effecte des Stillstehens und Zurückgehens hängen sehr von der Continuität der Masse ab, so dass ein grosses Stück sie viel besser zeigt, als eine Anzahl kleiner, und diese wiederum besser als die gepulverte Substanz. Selbst die Repulsionswirkung einer Kupfermasse kann gänzlich zerstört werden, wenn man sie in Feilstaub verwandelt. Leicht ersieht man, dass von zwei Gruppen gleich symmetrisch gelagerter Antimonkrystalle, die eine aus grossen wohl zusammenhängenden und also für die Induction von Strömen in der Masse günstig vereinten Krystallen bestehen kann, die andere aber nicht; und aus demselben Grunde können sie die magnekrystallischen Phänomene mit ungleicher Leichtigkeit zeigen, obwohl sie die Kraft dazu genau in gleichem Grade besitzen.

2517. Beim Experimentiren mit Antimonplatten wurden fernere Erläuterungen hierzu erhalten. Die Platten waren wie die des Wismuths (2480) aus zerbrochenen Massen ausgelesen. Einige derselben wirkten einfach, augenblicklich und gut; ihre breiten Seiten waren glänzende Spaltungsflächen. Irgendwo an den Kanten aufgehängt, wandten sie diese Flächen gegen die Pole, und sie oscillirten um ihre Endlage, in welcher sie allmälig zur Ruhe kamen.

2518. Als diese Platten mit Horizontalität ihrer Flächen

aufgehängt wurden, vermochten sie nicht im Magnetfelde sich einzustellen. Als sie geneigt wurden, nahmen die am meisten unter oder über die Horizontalebene versetzten Theile den nächsten Ort an den Magnetpolen ein (2482).

2519. Wenn mehrere Platten übereinstimmend zu einem Bündel (2483) vereinigt wurden, war der diamagnetische Effect entfernt, und die magnekrystallische Oscillation und Einstellung ward sehr leicht und charakteristisch.

2520. So ist es einleuchtend, dass es in allen diesen Fällen eine auf den Flächen der Platte winkelrechte Linie magnekrystallischer Kraft gab, die in ihrer Lage und Wirkung vollkommen übereinstimmte mit der Kraft, die zuvor an Antimonkrystallen aufgefunden wurde.

2521. Nun wurde eine andere Antimonplatte ausgewählt, die, vermöge ihres Ansehens, fähig schien, alle Erscheinungen der früheren Platten darzubieten, und doch, als sie an ihrem Rande aufgehängt wurde, gab sie keine Anzeige von magnekrystallischen Resultaten. Denn erst rückte sie ein wenig vor (2310), darauf blieb sie stehen und behauptete ihren Platz, und als nun der Strom unterbrochen ward, während sie zwischen der äquatorialen und axialen Lage schwebte, sprang sie zurück und zeigte ganz die Erscheinung des Kupfers (2315). Viele andere Platten verhielten sich genau ebenso.

2522. Als diese Platte (2521) in das intensive Feld zweier gegenüberstehender konischer Magnetpole gebracht wurde, zeigte sie dieselben Erscheinungen; allein ungeachtet sie eine Hemmung erlitt, bewegte sie sich langsam bis zur äquatorialen Lage, ein Resultat, welches wahrscheinlich aus vereinter Aeusserung der magnekrystallischen und diamagnetischen Kraft entsprang. Als die Platte mit Horizontalität ihrer Flächen aufgehängt wurde, waren die hemmenden und rückdrehenden Wirkungen gehoben; denn die diese veranlassenden Inductionsströme können nur nothwendigerweise in verticalen Flächen existiren; ferner hatte sie kein Einstellungsvermögen, was zeigte, dass in der Länge und Breite der Platte keine Axe der magnekrystallischen Kraft vorhanden war.

2523. Andere Platten zeigten gemischte Effecte und zwar in verschiedenem Grade. Einige z. B. oscillirten frei, stellten sich gut ein und gaben keine Anzeigen von Stockungen und Rücksprüngen. Andere oscillirten träge, stellten sich aber gut ein und zeigten eine Neigung zum Stocken. Andere stellten sich gut ein, gingen aber wie todt zur Ruhe, wie wenn sie

sich in einer Flüssigkeit bewegten; und als die Magnetkraft entfernt wurde, ehe sie zur Ruhe gekommen, erlitten sie nur einen schwachen Rücksprung. Noch einige endlich stockten auf einmal, stellten sich nicht ein (innerhalb der Zeit meiner Beobachtung), und sprangen stark zurück.

2524. Eine sorgfältige Untersuchung mittelst des Hufeisenmagnets (2485) und des grossen Elektromagnets (2247) machte endlich die Ursache dieser Verschiedenheit der Effecte augenfällig.

2525. Zunächst mag bemerkt sein, dass zuweilen eine Antimonplatte ausgewählt worden (2517), die sehr blanke und anscheinend fehlerfreie Flächen hatte und daher glauben liess, sie würde sich im Magnetfelde gut richten; allein dem Hufeisenmagnet ausgesetzt, that sie es nicht, stellte sich vielmehr schief, mit geringerer Kraft und vielleicht in zwei nicht diametrale Lagen. Diess rührte ohne Zweifel von einer verworrenen und verwickelten Krystallisation her. Solch eine Platte, von hinlänglicher Breite und Länge (nicht geringer als ein Viertel- oder Drittelzoll), dem Elektromagnet ausgesetzt, zeigt die Erscheinung des Stockens (2310) und Zurückspringens (2315) gut.

2526. Nächstdem habe ich zu erinnern, dass zur Entwicklung der Inductionsströme, der Ursache des Stockens und Zurückspringens, die Platte hinlängliche Dimensionen in einer Verticalebene (2329) haben muss. Die Ströme circuliren in der Masse und nicht um die einzelnen Theile (2329), und die Resultante der durch die Substanz gehenden Magnetkraftlinien ist die Axe, rings um welche die Ströme erregt werden. Das ist der Grund, weshalb die Erscheinung nicht vorkommt bei in horizontaler Lage aufgehängten Platten, welche dieselbe in verticaler Lage ganz gut zeigen, was man bei einer einen halben Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe von dünnem Kupfer, Silber, Gold, Zinn oder fast jedem dehnbaren Metall wahrnehmen kann, obwohl die besten Leiter die geeignetsten hierzu sind. Nun ist diese Bedingung von keiner Bedeutung für die Magnekrystallwirkung und, bei gleicher Masse, hat eine schmale Platte ebenso viel Kraft als eine breite. Die erste Platte, die ich ausgewählt (2517), war gut krystallisirt, dick und schmal; folglich war sie günstig für die Magnekrystall-Wirkung, ungünstig für die Erscheinung des Stockens und Zurückspringens, und daher gab sie von letzterer Wirkung verhältnissmässig keine Anzeige.

2527. Hat man eine breite und gut krystallisirte Platte, so treten beide Reihen von Wirkungen auf. Erregt man z. B. Magnetkraft, während die Platte herum wirbelt, so wird ihre Bewegung für einen Augenblick beschleunigt und dann gehemmt, und hebt man nun plötzlich die Magnetkraft auf, so wird sie zurückgeführt, genau wie eine Kupferplatte (2315). Wenn man aber die Magnetkraft unterhält, wird man wahrnehmen, dass die Hemmung nur scheinbar ist; denn die Platte bewegt sich, obwohl mit sehr verringerter Geschwindigkeit, und fährt darin fort, bis sie ihre magnekrystallische Lage angenommen hat. Sie bewegt sich wie in einer dicken Flüssigkeit. Die magnekrystallische Kraft ist also da und übt ihre volle Wirkung, und die Erscheinungen sind nur anders, weil gerade die von dieser Kraft hervorgebrachte Bewegung diejenigen magneto-elektrischen Ströme erregt (2329), welche durch ihre wechselseitige Wirkung mit dem Magnet die Bewegung zu hemmen suchen; daraus dann die Langsamkeit und zuletzt die todte Einstellung (2512. 2523).

2528. Ein Magnet, welcher schwächer ist (als der (2485) beschriebene Hufeisenmagnet), erregt die Inductionsströme in geringerem Grade und zeigt doch die Magnekrystallkraft gut an; er ist also unter gewissen Umständen vortheilhafter für dergleichen Untersuchungen, da er den einen Effect von dem anderen zu unterscheiden hilft.

2529. Leicht ersieht man, dass Platten, gleich viel ob von demselben oder verschiedenem Metall, durch ihre Schwingungen nicht hinsichtlich ihrer Magnekrystallkraft verglichen werden können; denn vermöge dieser inducirten Ströme schwingen Platten von gleicher Krystallkraft in sehr ungleicher Weise. Ich nahm eine Platte; kittete (2458) ausgewähltes Papier an ihre Flächen und beobachtete nun ihr Verhalten im magnetischen Felde; sie stellte sich langsam ein und zeigte die Stockungen und Rücksprünge (2521). Ich zerdrückte sie nun in einem Mörser in viele Stücke, die jedoch ihren Platz behielten; jetzt stellte sie sich freier und rascher ein und zeigte sehr wenig von der Erscheinung des Zurückspringens.

2530. Obwohl Schwingungen somit eine unsichere Angabe liefern, so bleibt uns doch noch die Torsionskraft als eine, glaube ich, genaue Anzeige von der Stärke der Einstellung (2500) und folglich auch der Magnekrystallkraft; ein seidener Aufhängefaden mag ein wenig nachgeben, aber ein Glasfaden, wie ihn *Ritchie* empfiehlt, wäre vollkommen geeignet.

2531. Das Antimon muss in Richtung der Krystallplatten ein guter Elektricitätsleiter sein, sonst würde es nicht die Erscheinung des Zurückspringens so frei zeigen. Gruppen von Antimonkrystallen (2508) zeigten dieselbe in solchem Grade, dass sie mich glauben lassen, die einzelnen Krystalle besitzen in allen Richtungen ein nahe gleich gutes Leitvermögen. Ein Stück fein krystallisirten oder körnigen Antimons zeigt sie jedoch nicht in gleichem Maasse, wonach es scheint, wie wenn ein einigermaassen ähnlicher Effect, wie der der Zertheilung, entweder an der Gränze zweier incongruenter Krystalle oder zwischen den anliegenden Platten der Krystalle stattfindet und das Leitvermögen in diesen Richtungen abändert.

3. Krystallpolarität des Arseniks.

2532. Eine Masse Arsenikmetall von krystallinischer Structur (2480) wurde zerschlagen und aus den Bruchstücken einige Platten ausgewählt, die gute und ebene Spaltungsflächen besassen, etwa 0,3 Zoll lang, 0,1 Zoll breit und 0,03 Zoll dick waren. Diese, einem konischen Pol gegenüber aufgehängt, erwiesen sich vollkommen diamagnetisch, und vor oder zwischen zwei Polen, stark magnekrystallisch. Ich besitze ein Paar flachseitige Pole mit Schraubenlöchern in der Mitte der Flächen, und diese schwächen die Intensität der Magnetlinien in der Mitte des Feldes so sehr, dass wenn die Flächen einen halben Zoll von einander stehen, ein 0,3 Zoll langer Cylinder von körnigem Wismuth sich axial oder von Pol zu Pol richtet (2384). Allein bei den Arsenikplatten zeigte sich zwischen denselben Polen keine Tendenz dieser Art; so sehr überwog die magnekrystallische Kraft der Substanz ihre diamagnetische.

2533. Wurden die Arsenikplatten mit Horizontalität ihrer Flächen aufgehängt, so stellten sie sich zwischen den flachseitigen Polen gar nicht mehr. Aber jede Neigung der Flächen gegen den Horizont bewirkte Einstellen, mehr odes minder stark, je nachdem die Flächen sich mehr der Verticalität näherten, genau wie in der schon beim Wismuth und Antimon beschriebenen Weise.

2534. Sonach besitzen also Arsenik, nebst Wismuth und Antimon, die magnekrystallische Kraft oder Beschaffenheit.

Royal Institution, 23. Sept. 1848.

---

4. Krystallzustand verschiedener Körper.

2535. Zink. Platten, aus krystallisirten Zinkmassen herausgebrochen, gaben unregelmässige Anzeigen; allein, da sie wegen Unreinigkeiten zugleich magnetisch waren, so mögen die Effecte gänzlich daraus entsprungen sein. Nun wurde reines Zink aus dem Chlorid und dem Sulphat elektrochemisch auf Platin niedergeschlagen; das erstere lieferte es in dendritischer, das andere in compacter Form. Beide Niederschläge waren diamagnetisch, frei von magnetischer Wirkung, zeigten aber keine Spur von magnekrystallischer Action.

2536. Titan*). Gute Titankrystalle, aus dem Boden eines Hochofen herstammend, wurden durch abwechselnde Behandlung mit Säuren und Flussmitteln so gut wie möglich von Eisen gereinigt. Sie waren glänzend, wohl gebildet und magnetisch (2371), enthielten aber Eisen und zwar, wie ich glaube, durch ihre ganze Masse verbreitet, denn Königswasser zog bei langem Sieden beständig Eisen und Titan aus. Diese Krystalle besassen einen gewissen Magnetismus, welchen ich geneigt bin ihrer krystallischen Structur zuzuschreiben. Zwischen den Polen eines Elektromagnets stellten sie sich, selbst dann noch, wenn durch Unterbrechung des elektrischen Stroms die Kraft des Magnets sehr geschwächt worden. Ein Krystall sich selbst überlassen, nahm immer dieselbe Lage an, zum Beweise, dass er stets in derselben Richtung magnetisch geworden. Wenn aber ein Krystall in anderer Lage zwischen den Magnetpolen gehalten ward, während der elektrische Strom thätig war, und man unterbrach nun den Strom, so behielt der freigelassene Krystall auch diese neue Richtung zwischen den geschwächten Polen, zum Beweise, dass der Magnetismus nun in anderer Richtung als zuvor in dem Krystall erregt worden war. Wenn hierauf der Magnet wieder durch den elektrischen Strom erregt ward, sprang der Krystall sogleich herum und nahm seinen Magnetismus in der früheren Richtung an. In der That liessen sich die Krystalle in jeder Richtung magnetisiren, doch in einer Richtung leichter und stärker als in allen übrigen. Ich bin geneigt dieses der krystallischen Structur zuzuschreiben; allein es kann auch von einer unregelmässigen Vertheilung von Eisen in der Titanmasse herrühren. Die Krystalle waren zu klein für mich, um diess gehörig aufzuklären.

---

*) Diese und viele andere Krystalle verdanke ich der Güte des Sir *Henry T. De la Beche* und des Hrn. *Tennant.*

2537. Kupfer. Gute Krystalle von nativem Kupfer, sorgfältig ausgelesen von der Masse, wurden auf ihre Magnekrystallkraft geprüft. Neben dem Hufeisenmagnet (2486) gaben sie keine Anzeige von dieser Kraft; in welcher Richtung sie auch aufgehängt werden mochten: sie blieben in jeder stehen; und wie wenig man auch den Aufhängefaden oben drehen mochte, so folgte doch unten der Krystall sogleich und zu vollem Betrage. Dem Elektromagnet ausgesetzt, zeigten sich die Erscheinungen des Stockens und Zurückspringens (2513, 2310), wie zu erwarten. Wenn, nach dem Stocken, die Magnetkraft unterhalten ward, zeigte sich kein langsames Vorrücken des Krystalls in einer bestimmten Richtung (2512); vielmehr stand er in jeder Lage vollkommen still. Das Kupfer gab also keine Anzeige von magnekrystallischer Wirkung.

2538. Zinn. Aus Block- und Kornzinn las ich einige Stücke aus, welche, ihrer äusseren Form und der bei Behandlung mit Säuren entstehenden Oberfläche nach, ein regelmässig krystallinisches Gefüge im Innern zu besitzen schienen; ich schnitt Stücke davon ab und unterwarf sie sorgfältig der Kraft der Magnete, konnte aber keine magnekrystallische Erscheinungen wahrnehmen. Anzeigen von Stockungen und Rücksprüngen waren vorhanden, auch von diamagnetischer Kraft, sonst aber nichts. Ich untersuchte auch einige durch elektrochemische Zerlegung gebildete Zinnkrystalle; sie waren rein und diamagnetisch, liessen Hemmungen und Rücksprünge zu, gaben aber keine Anzeige von magnekrystallischer Action.

2539. Blei wurde geschmolzen und, nach theilweiser Erstarrung, ausgegossen (2457); dadurch wurden einige schöne Krystalle von octaëdrischer Gestalt erhalten. Vor den Magneten zeigten sie schwache Hemmungen und Rücksprünge, aber keine magnekrystallische Erscheinungen. Darauf wurden feine krystallinische Bleiplatten, die durch elektrochemische Zersetzung von essigsaurem Blei erhalten worden, dem Magnet ausgesetzt; sie waren rein und diamagnetisch, zeigten Stockungen und Rücksprünge, aber keine magnekrystallische Action.

2540. Gold. Es wurden drei schöne grosse Goldkrystalle untersucht. Sie waren diamagnetisch und leicht zu hemmen (2310. 2340), gaben aber wegen ihrer octaëdrischen oder rundlichen Gestalt, keine Rücksprünge. Auch lieferten sie keine Anzeige von Magnekrystallität.

2541. Tellur. Es wurden zwei Bruchstücke mit grossen und parallelen Spaltungsflächen untersucht; beide stellten sich

ein und zwar, der grössten Länge nach, zwischen flachseitigen Polen (2463) quer gegen die axiale Linie. Ich glaube, diese Erscheinung entsprang zum Theil, wenn nicht gänzlich, aus dem magnekrystallischen Zustand der Substanz, halte es aber nicht für entscheidend bewiesen.

2542. Osmium-Iridum. Die natürlichen Körner dieser Legirung sind oft flach, zwei wie Krystallflächen aussehende Seiten darbietend, die, selbst wenn die Körner dick sind einander parallel liegen. Es wurden einige der grössten und krystallinischsten Körner ausgewählt, und, nach Glühen mit Fluss und Digestion mit Königswasser, vor dem Magnet untersucht. Einige waren magnetischer als andere und wurden angezogen; andere wurden es sehr wenig; die letzteren wurden ausgelesen und sorgfältiger untersucht. Sie alle richteten sich mit grosser Leichtigkeit und verhältnissmässig grosser Kraft; denn, obwohl sie nur 0,2 Zoll lang waren, stellten sie sich leicht, wenn auch die Pole 3 oder 4 Zoll auseinander standen. Immer wandten die Krystalle ihre Seitenflächen den Polen zu, richteten also ihre Länge nicht in, sondern quer gegen die Axiallinie, es mochten übrigens die Pole viel oder wenig auseinander stehen, flachseitig oder konisch sein. Ich halte sie für magnekrystallisch.

2543. Leicht schmelzbares Metall (*Fusible metal*). Krystalle von leicht schmelzbarem Metall (2457) stellten sich ein, aber dieselben, anscheinend vierseitige Platten oder Prismen, waren nicht gut, und daher ihre Angabe nicht deutlich.

2544. Drähte. Ich hielt es für möglich, dass dünne Drähte, welche nach Behandlung mit Säuren ein faseriges Gefüge zeigten, eine der Krystallität sich nähernde Anordnung ihrer Theilchen besitzen könnten, und unterwarf daher Bündel von Platin-, Kupfer- und Zinndrähten der Wirkung des Magnets; allein es erschien keine Anzeige von magnekrystallischer Action.

2545. Ich unterwarf mehrere Metallverbindungen der Kraft des Magnets in solcher Weise, dass sie magnekrystallische Erscheinungen hätte zeigen können: Bleiglanz, natürlichen Zinnober, Zinnstein, Schwefelzinn, Rothkupfererz, Brookit oder Titanoxyd, Eisenkies, auch Diamant, Flussspath, Steinsalz und Boracit; allein obgleich sie alle wohl krystallisirt und diamagnetisch waren, gaben sie keine Anzeige von Magnekrystallkraft. Natürliches und gut krystallisirtes Schwefelkupfer, Schwefelzink,

Kobaltglanz und Leucit waren magnetisch. An keinen von ihnen konnte ich ein von der Krystallisation herrührendes magnetisches Resultat erkennen.

2546. Bei Untersuchung der magnetischen Salze erwiesen sich einige von ihnen sehr auffallend magnekrystallisch, so das schwefelsaure Eisenoxydul, welches zunächst genommen wurde. Mit Verticalität der magnekrystallischen Axe aufgehängt, zeigte es keine besondere Erscheinungen, nur dass die längere Horizontaldimension sich schwach in die magnetische Axe stellte; als aber der Krystall um 90° gedreht wurde (2470) richtete er sich mit vieler Kraft, und die grössere Länge stellte sich äquatorial. Der Krystall bestand aus übereinander liegenden flachen Individuen oder Tafeln, und die Magnekrystallaxe ging quer durch sie hin. Nach einem Paar Versuchen war es daher leicht, voraus zu sagen, wie ein Krystall aufgehängt werden müsse, und wie er einspielen werde. Die Krystalle mochten lang oder schief oder unregelmässig sein, so war doch die Magnekrystallkraft vorherrschend und das Bestimmende ihrer Lage, gleichviel ob die Pole zugespitzt oder abgeflacht, nahe oder weit von einander waren. Die Magnekrystallaxe ist ganz oder beinahe rechtwinklig auf einer der Seiten des rhombischen Prismas. Ich besitze kleine prismatische Krystalle, deren Länge fast das Dreifache der Breite ist; wenn beide, Länge und Magnekrystallaxe horizontal sind, vermag keine Kraft oder Gestalt oder Lage der Magnetpole die Länge in die axiale Richtung zu bringen, vielmehr wird diese beständig von der Magnekrystallaxe eingenommen: so überwiegend ist deren Kraft über die bloss magnetische Kraft des Krystalls. Und doch ist die letztere mitunter im Stande die Aufhängefasern zu zerreissen, wenn der Krystall sich über den Polen befindet (2615).

2547. Schwefelsaures Nickeloxyd. Ein Krystall davon im Magnetfelde aufgehängt, stellte sich seiner Länge nach axial ein. Diess konnte theils von blosser Magnetkraft, theils von Magnekrystallkraft herrühren. Ich schnitt aus dem Krystall einen Würfel, an dem zwei Flächen rechtwinklig waren auf der Länge des Prismas. Dieser Würfel spielte im Magnetfeld gut ein und zwar richtete die mit der Axe des Prismas zusammenfallende Linie sich axial; sie stellte die Magnekrystallaxe vor. Selbst wenn der Würfel in dieser Richtung verkürzt, und in eine quadratische Tafel verwandelt wurde, deren Axe mit der Magnekrystallaxe zusammenfiel,

richtete er sich so gut wie zuvor, obwohl jetzt die kürzesten Dimensionen axial zu liegen kamen.

2548. Schwefelsaures Eisenoxyd-Ammoniak und schwefelsaures Manganoxydul gaben keine Anzeige von magnekrystallischen Erscheinungen; schwefelsaures Manganoxydul-Ammoniak glaube ich gab sie, aber die Krystalle waren nicht gut. Schwefelsaures Nickeloxyd-Kali ist magnekrystallisch. Alle drei Salze sind magnetisch.

2549. Somit erhellt, dass ausser Wismuth, Antimon und Arsenik auch andere Körper magnekrystallische Effecte darbieten. Zu diesen gehören die Legirung von Iridium und Osmium, wahrscheinlich auch von Tellur und Titan, und sicher von schwefelsaurem Eisenoxydul und schwefelsaurem Nickeloxyd. Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, muss ich noch bemerken, dass diese Eigenschaft mich wahrscheinlich früher (2290) manchmal zu Irrthümern verleitet hat. Daraus dürfte namentlich sehr leicht ein Versehen beim Arsenik (2383) entstanden sein.

5. Ueber die Natur der Magnekrystallkraft und allgemeine Betrachtungen.

2550. Die Magnekrystallkraft scheint sehr deutlich sowohl von der magnetischen als von der diamagnetischen Kraft unterschieden zu sein, in sofern sie weder ein Annähern noch ein Zurückweichen, weder Anziehung noch Abstossung bewirkt, sondern bloss der ihrem Einflusse ausgesetzten Masse eine gewisse bestimmte Richtung verleiht, so dass eine gegebene Linie in der Masse gegen die Richtung der äusseren Magnetkraft in eine bestimmte Lage kommt.

2551. Ich hielt es für nothwendig, den Schluss, dass die Kraft weder einen anziehenden, noch einen abstossenden Einfluss ausübe, sorgfältig zu prüfen und zu beweisen. Zu dem Ende construirte ich eine Torsionswaage mit Bifilarsuspension von Coconfäden, bestehend aus zwei Bündeln, jedes von sieben Filamenten, vier Zoll lang und ein Zwölftelzoll aus einander; an dem Ende eines Hebels liess ich dann einen Wismuthkrystall (2457) hängen, so dass er in jeder Lage festgehalten werden konnte. Diese Waage war durch einen Glaskasten geschützt, an dessen Aussenseite sich das konische Ende eines der Pole des grossen Elektromagnets (2247) befand, und zwar horizontal, rechtwinklig gegen den Hebel der Torsionswaage, und in solcher Lage, dass der Wismuthkrystall sich in der

Verlängerung der Axe des Pols befand, etwa einen halben Zoll von seinem Ende, wenn alles in Ruhe war. Der andere vier Zoll entfernte Pol war breit gelassen, damit die Magnekraftlinien gleichsam divergirten, und von dem konischen Pole aus rasch an Stärke abnehmen mussten. Der Zweck war nun, den Grad der vom Magnet auf das Wismuth, als diamagnetischen Körper, ausgeübten Abstossung zu beobachten, entweder durch den Abstand, bis zu welchem es fortgestossen wurde, oder durch die Torsion, die man zur Zurückführung in seine erste Lage anzuwenden hatte; und ferner zu sehen, ob ein Unterschied vorhanden sei, wenn dabei das Wismuth seine Magnekrystallaxe einmal axial oder den Magnekraftlinien parallel, und das andere Mal äquatorial zu liegen habe.

2552. Der Krystall wurde daher zunächst mit seiner Magnekrystallaxe den Magnekraftlinien parallel gestellt, und nach einander viermal um 90° in horizontaler Lage gedreht, um ihn unter allen Lagen der Magnekrystallaxe zu beobachten. In keinem Falle konnte indess ein Unterschied in dem Betrage der Abstossung beobachtet werden. Bei anderen Versuchen hatte die Axe eine schiefe Lage, aber das Resultat war noch dasselbe. Wenn daher irgend ein Unterschied vorhanden ist, muss er äusserst klein sein.

2553. Ein entsprechender Versuch, wobei der Krystall gleich einem Pendel bifilar an 30 Fuss langen Seidenfäden hing, gab dasselbe Resultat.

2554. Eine andere Reihe schlagender Beweise, dass die Wirkung nicht von Attraction oder Repulsion herrührte, wurde in folgender Weise erhalten. Eine Strähne von funfzehn Coconfasern, etwa 14 Zoll lang, wurde oben befestigt und am unteren Ende mit einem Gewicht von einer Unze und mehr beschwert. Die Mitte dieser Strähne war ungefähr in der Mitte vom magnetischen Felde des Elektromagnets, und das quadratische Gewicht unten ruhte an der Seite eines Holzklotzes, so dass eine verticale, steife seidene Axe ohne Schwingung und Umdrehung gebildet war. In der Mitte dieser Axe und quer gegen sie wurde ein kleiner Kartenstreif von 0,5 Zoll Länge und 0,1 Zoll Breite durch Kitt befestigt und dann ein kleiner Eisenvitriolkrystall von etwa 0,3 Zoll Länge und 0,1 Zoll Dicke an die Karte geheftet, so, dass dessen Länge und auch dessen Magnekrystallaxe in der Horizontalebene lagen. Der Krystall befand sich seiner ganzen Länge nach an Einer Seite der seidenen Axe, so dass, wenn er herumschwang, die Länge der Radius

des beschriebenen Kreises war, und die Magnekrystallaxe parallel zu dessen Tangente.

2555. Die Ruhelage des Krystalls war durch die Torsionskraft der seidenen Axe bedingt und liess sich durch Drehung des unteren Gewichtes beliebig verändern. Die Torsionskraft dieser Axe war von solcher Stärke, dass der Krystall, in Schwingungen versetzt, deren vierzig (ganze, hin und her) in einer Minute vollbrachte.

2556. Brachte man den Krystall in schiefe Lage (wie Fig. 7) zwischen den flachseitigen Polen, so suchte er sich im Moment der Erregung des Magnets, mit seiner Länge äquatorial, oder mit seiner Magnekrystallaxe parallel den Magnekraftlinien zu stellen. Wurde der Nordpol entfernt und dann der Versuch wiederholt, so war der Erfolg derselbe, obgleich nicht so stark wie zuvor. Und als endlich der Südpol dem Krystall so nahe gebracht ward, als es ohne ihn zu berühren geschehen konnte, ergab sich dasselbe Resultat und zwar mit grösserer Stärke als zuvor.

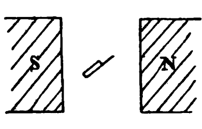


Fig. 7.

2557. In den beiden letzten Versuchen wich also der Eisenvitriolkrystall, obwohl er als magnetischer Körper von dem angewandten Magnet stark angezogen ward, unter dem Einfluss der Magnekrystallität von dem Magnetpol zurück.

2558. Wurde der Südpol entfernt und der Krystall bloss der Wirkung des Nordpols ausgesetzt, so näherte er sich demselben, getrieben sowohl von der magnetischen als von der magnekrystallischen Kraft; wurde aber der Krystall um 90° links oder 180° rechts um die seidene Axe gedreht, so dass er in umgekehrte oder entgegengesetzte Lage kam, so stiess dieser Pol ihn ab oder versetzte ihn in eine gewisse Entfernung, gerade wie es der Südpol that. Der Versuch erfordert Sorgfalt, und konische Pole eignen sich nicht gut dazu; allein bei ein wenig Achtsamkeit konnte ich die Resultate mit äusserster Leichtigkeit erhalten.

2559. Der Eisenvitriol wurde nun durch eine krystallinische Platte von Wismuth ersetzt (2480), und diese, wie jener, mit der Magnekrystallaxe horizontal, an Einer Seite der Seidenaxe befestigt. Gegen den Nordpol in dieselbe Lage gebracht, welche der Krystall im vorhergehenden Versuch (2556) besass, so dass sie sich, um ihre Axe den Magnekraftlinien parallel zu stellen, dem Magnetpol nähern musste, that sie dieses

wirklich, so wie der Magnet in Thätigkeit gesetzt ward, zuwider ihrem Diamagnetismus, aber unter der Herrschaft der Magnekrystallkraft. Der Effect war gering, aber deutlich.

2560. Einstweilen das Resultat der weiterhin (2607) gegebenen Raisonnements anticipirend, will ich einen entsprechenden, mit dem rothen Cyaneisenkalium erhaltenen Effect beschreiben. Ein Krystall dieses Salzes, der durch Abschleifung seiner scharfen Kanten in eine Tafel, mit Flächen parallel der Ebene der optischen Axen, verwandelt worden, wurde statt der Wismuthplatte genommen. In der zuvor (2556) abgebildeten Lage der Wirkung des Magnets ausgesetzt, bewegte er sich und stellte die Ebene der optischen Axen äquatorial, wie es *Plücker* beschreibt. Dasselbe geschah, wenn der Nordpol entfernt und der Südpol an den Krystall gebracht wurde; der Krystall wich vom Pol zurück. Wurde dagegen der Südpol entfernt und der Nordpol neben dem Krystall angewandt, so näherte sich letzterer, als Ganzes, diesem Pol. Stellte man den Krystall auf die andere Seite der Aequatorial-Linie, so bewirkte der Südpol eine Annäherung und der Nordpol eine Entfernung. So schien also ein und derselbe Pol eine und dieselbe Seite des Krystalls anziehen und abstossen zu können, und jeder der Pole vermochte diese scheinbare Anziehungs- und Abstossungskraft zu äussern.

2561. Diess ist ein Beweis, dass weder eine Anziehung noch eine Abstossung die Einstellung oder endliche Lage des Körpers verursacht (2607).

2562. Diese Kraft ist also in Charakter und Wirkung verschieden von der magnetischen und diamagnetischen Kraftform. Andererseits hat sie die offenbarste Beziehung zum Krystallgefüge des Wismuths und anderer Körper, deshalb auch zu den Molekülen und zu der Kraft, durch welche Moleküle im Stande sind, Krystallmassen zu bilden. Es scheint mir unmöglich, die Resultate anders aufzufassen als durch eine Wechselwirkung der Magnetkraft und der Kraft der Krystalltheilchen zu einander, und diess führt zu dem weiteren Schluss, dass sie, in sofern sie auf einander einzuwirken vermögen, gleicher Natur theilhaft sind, wodurch die Lösung jenes grossen Problems der Philosophie der Molecularkräfte, welche ihnen allen einen gemeinsamen Ursprung beilegt (2146), eine neue Stütze bekommt.

2563. Mögen wir einen Krystall oder ein Theilchen vom Wismuth betrachten, so hat doch die Polarität desselben einen

sehr ungewöhnlichen Character im Vergleich zur Polarität eines Theilchens im gewöhnlichen magnetischen Zustand oder zu sonst einem Dualismus von physischer Kraft. Denn die entgegengesetzten Pole haben gleiche Charactere, wie vor allem aus der diametralen Einstellung der Massen (2461), und dann aus den physischen Characteren und Relationen der Krystalle im Allgemeinen erhellt. Da die Molecüle in der Masse eines Krystalles liegen, so können sie keineswegs repräsentirt werden durch den Zustand eines Spänchens Eisenfeilicht zwischen den Polen eines Magnets oder durch den der Eisentheilchen in dem daran gelegten Anker; denn diese haben ungleichnamige Pole und die Eigenschaft zusammenzuhaften und so eine Art Structur zu bilden; wogegen in den Krystallen die Molecüle einander Pole von gleicher Art zuwenden, denn es sind, so zu sagen, alle Pole gleich.

2564. So wie aus den Erscheinungen erhellt, ist die Magnekrystallkraft eine in die Ferne wirkende Kraft; denn der Krystall kann aus der Ferne vom Magnet bewegt werden (2574) und kann ihn auch aus des Ferne bewegen. Um diess letztere Resultat hervorzubringen, magnetisirte ich eine stählerne Haarnadel (*bodkin*) von etwa drei Zoll Länge und hing sie mittelst eines vier Zoll langen einfachen Coconfadens an einem horizontalen Stäbchen auf, das wiederum mittelst eines anderen Seidenfadens in der Mitte an einem festen Punkt aufgehängt war. Auf diese Weise konnte die Nadel sich frei um ihre Axe drehen und zugleich einen Kreis von etwa $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser beschreiben. Die letztere Bewegung war durch die Tendenz der Nadel, sich unter dem Einfluss der Erde zu richten, nicht gehindert, weil sie in dem Kreise jegliche Richtung annehmen und doch sich selbst parallel bleiben konnte.

2565. Aus einem Glasstab und Kupferdraht wurde ein von magnetischer Wirkung vollkommen freier Träger construirt und durch den Boden des Stativs geführt, in der Verlängerung der oberen Drehungsaxe und also concentrisch mit dem Kreise, welchen der kleine Magnet beschreiben konnte; er hatte eine solche Höhe, dass er im Niveau mit dem Pol am unteren Ende der Nadel und im Centro des kleinen Kreises, in welchem dieser Pol sich um ihn drehen konnte, einen Krystall oder irgend eine andere Substanz zu tragen vermochte. Durch Bewegung seines unteren Endes konnte man sein oberes Ende dem Magnete nähern oder von ihm entfernen. Das Ganze wurde mit einer Glasglocke bedeckt. Stehen gelassen, bis die

Temperatur gleichförmig geworden und die Nadel zur Ruhe gekommen war, hatte diese unter dem Einfluss der Torsionskraft des Aufhängefadens eine constante Lage angenommen. Eine Drehung des aus Glas und Kupfer gebildeten Trägers bewirkte keine bleibende Aenderung in der Lage des Magnets; denn obwohl die Bewegung der Luft den Magnet fortführte, so kehrte er doch zuletzt zu demselben Ort zurück. Wurde er aus diesem Orte abgelenkt, so oscillirte das System vermöge der Torsionskraft des Seidenfadens; die Zeit einer halben Oscillation oder eines Ganges in einer Richtung betrug etwa drei Minuten, die einer ganzen Oscillation also sechs Minuten.

2566. Ein Wismuthkrystall, mit der Magnekrystallaxe in horizontaler Richtung an dem Träger befestigt, konnte dem unteren Pol der Nadel in jeder Richtung nahe gebracht werden, und nach zwei- oder dreistündigem Stehenlassen oder, wenn nach wiederholter Untersuchung der Magnetpol sich als in Ruhe erwies, konnte seine Lage bestimmt und der Grad und die Richtung der Einwirkung des Wismuths auf ihn ermittelt werden. Diese Beobachtungen erforderten ungemeine Vorsicht; alle stählernen und eisernen Gegenstände, wie Brillen, Messer, Schlüssel u. s. w. musste der Beobachter, ehe er herantrat, von sich ablegen, auch nur Glasleuchter anwenden. Der erzeugte Effect, obwohl nur gering, ergab das Resultat, dass wenn die Magnekrystallkraft einen Winkel von 10°, 20° oder 30° mit der vom Magnetpol zur Mitte des Wismuthkrystalles gezogenen Linie machte, der Pol ihr folgte und beide Linien in Parallelismus zu bringen suchte, was für ein Ende der Magnekrystallaxe übrigens dem Pole zugekehrt, oder nach welcher Seite sie gewandt sein mochte. Durch successives Bewegen des Wismuths konnte die Ablenkung des Magnetpols auf 60° gebracht werden.

2567. Ein Wismuthkrystall ist daher im Stande aus der Ferne auf einen Magnet zu wirken.

2568. Allein diese in die Ferne wirkende Kraft entspringt doch aus derselben, die Theilchen zu einem krystallinischen Gefüge anordnenden Ursache, welche wir zu anderen Zeiten Aggregations-Anziehung nennen, und so oft als nur in unmerkliche Abstände wirkend betrachten.

2569. Zur weiteren Aufhellung der Natur dieser Kraft schritt ich nun zur Untersuchung des Einflusses der Wärme auf Wismuthkrystalle im magnetischen Felde. Die Krystalle wurden an dünnen Drähten von Platin oder Kupfer aufgehängt

und erhitzt, zuweilen direct durch eine kleine Weingeistlampe, zuweilen durch ein zwischen die Pole gebrachtes Oelbad. Obwohl hierbei der aufsteigende Strom von Luft oder Oel stark war, so vermochte er doch nicht die durch die magnekrystallische Kraft bewirkte Einstellung zu hindern, sondern half mit zu zeigen, wann diese Wirkung abnahm oder aufhörte.

2570. Bei allmäliger Steigerung seiner Temperatur in der Luft fuhr der Wismuthkrystall fort sich zu richten, bis er plötzlich in dieser Beziehung indifferent wurde und unter dem Einfluss der aufsteigenden Luftströme jede Richtung annahm. Als darauf die Flamme entfernt wurde, drehte er sich langsam und regelmässig, wie wenn er keine Lage lieber als die andere annehmen wollte oder keine magnekrystallische Wirkung zurückgeblieben wäre. Allein nach wenigen Sekunden weiterer Temperaturabnahme nahm er seine Richtkraft wieder an, scheinbar in einem Augenblick und mit voller Kraft; auch stellte er sich genau in der früheren Richtung ein. Bei sorgfältiger Untersuchung des Krystalls zeigte sich, dass seine äussere Gestalt und seine Spaltbarkeit unverändert geblieben waren; allein ein kleines Wismuthkügelchen, welches an einer Stelle an der Oberfläche ausgeschwitzt war, zeigte, dass die Temperatur dem Schmelzpunkt sehr nahe gewesen.

2571. Dasselbe Resultat ergab sich im Oelbad, ausgenommen, dass mehr Wismuth schmolz, da bei Entfernung der Lampe von dem Oelbade nicht sogleich die weitere Erwärmung unterdrückt war; etwa ein Viertel des Metalls hing unten als ein Tropfen daran. Dennoch verlor die Masse ihre Kraft in der hohen Temperatur und nahm sie beim Erkalten wieder an, in derselben Richtung, nur in geringerem Grade. Die Schwächung der Kraft erklärte sich beim Zerbrechen des Krystalls, denn die flüssig gewesenen Theile waren nun unregelmässig krystallisirt und deshalb am Ende des Versuchs neutralisirt, während sie zu Anfang desselben sich activ verhalten hatten.

2572. Da Wärme diese Wirkung ausübt, so ist die frühere Erwartung (2502), Wismuth im Magnetfelde regelmässig krystallisiren zu sehen, natürlich unbegründet; denn das Metall muss in den starren Zustand treten und vermuthlich mehrere Grade weiter erkalten, ehe es die magnekrystallischen Erscheinungen zeigen kann. Wenn die Wärme auf alle Körper vor ihrer Liquefaction dieselbe Wirkung ausübt, kann natürlich jener Process auf keinen derselben angewandt werden.

2573. Als ein Stück krystallisirtes Antimon demselben

Versuch unterworfen ward, verlor es seine magnekrystallische Kraft unterhalb dunkler Rothgluth, just als es soweit erweicht war, dass es von dem es tragenden Kupferdraht einen Eindruck annahm. Nach dem Erkalten hatte es nicht seinen früheren Zustand angenommen, war vielmehr gewöhnlich magnetisch (*magnetic*) und richtete sich. Diess glaube ich rührt her von Eisen, welches von der Flamme und Hitze der Weingeistlampe afficirt worden war; denn da die Hitze stark genug war, um einen Theil des Antimons zu verbrennen, und in Rauch von Antimonoxyd zu verwandeln, so könnte sie auch einen Theil Eisen frei gemacht, und dadurch den Kohlen- und Wasserstoff der Flamme in magnetischen Zustand versetzt haben (2608).

2574. Zur ferneren Erläuterung der Wechselwirkung zwischen Wismuth und dem Magnet wurde ersteres in der (2551) beschriebenen Weise an der Bifilarwaage aufgehängt, jedoch so gedreht, dass seine Magnekrystallaxe, zwar horizontal, aber nicht parallel oder winkelrecht gegen den Hebelarm, sondern etwas geneigt war, wie in Fig. 8, wo 1 den am Waagebalken *b* sitzenden Krystall vorstellt, der vermöge der Lage der Drehungsaxe durch die Lagen 1, 2, 3, 4, . . schwingen kann. *S* ist der Magnetpol, getrennt von ihm bloss durch die Glasglocke. In der Lage 1 sind offenbar die Magnekrystallaxen und Magnekraftlinien einander parallel, in den Lagen 2, 3, 4 dagegen schief. Wurde der Apparat so vorgerichtet, dass der Wismuthkrystall in 1 ruhte, so brachte die Entfaltung (*superinduction*) der vollen Magnetkraft ihn nach 4; ein Resultat der diamagnetischen Wirkung. Hatte jedoch das Wismuth seinen Ruheort in 2, so führte die Entwicklung der Magnetkraft es nicht nach 3, übereinstimmend mit dem früheren Resultat, sondern nach 1, welches es meistens erreichte und oft überschritt, ein wenig auf 4 zugehend. In diesem Falle wirkten Magnekrystallkraft und Magnetkraft einander entgegen, und die erstere überwog bis zu der Lage 1.

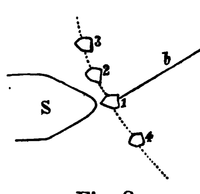


Fig. 8.

2575. Allein wiewohl der Wismuthkrystall sich in diesen Fällen quer gegen die Kraftlinien des magnetischen Feldes bewegte, darf nicht erwartet werden, dass er es auch in einem Felde thue, wo die Linien parallel und von gleicher Stärke sind, wie zwischen flachseitigen Polen; der Krystall ist

gezwungen sich nur parallel zu sich selbst zu bewegen; denn unter solchen Umständen sind die Kräfte in beiden Richtungen und zu beiden Seiten der Masse gleich, und die einzige Tendenz, welche der Krystall vermöge seiner Magnekrystallität behält, ist die, sich um eine Verticalaxe zu drehen, bis er in dem Magnetfelde seine natürliche Lage angenommen hat.

2576. Eine höchst wichtige Frage hinsichtlich der Magnekrystallkraft ist zunächst die, ob diese Kraft eine dem Wismuthkrystall u. s. w. ursprünglich inwohnende oder eine durch magnetischen oder elektrischen Einfluss hervorgerufene sei. Wenn ein weiches Eisen in die Nähe eines Magnets gebracht wird, erlangt es neue Fähigkeiten und Eigenschaften. Einige nehmen an, diess beruhe auf einer durch Vertheilung (*induction*) erregten neuen Kraft in dem Eisen und dessen Theilchen, von gleicher Natur mit der des erregenden (*inducing*) Magnets; Andere halten dafür, jene Kraft sei ursprünglich in den Eisentheilchen vorhanden, und die inductive Action bestehe nur in einer Anordnung aller elementaren Kräfte zu einer gemeinschaftlichen Richtung. Auf den Wismuthkrystall kann die letztere Annahme nicht in gleicher Weise angewandt werden, denn alle seine Theilchen sind schon vorher geordnet, und es ist eben diese Anordnung, wodurch er seine Kräfte erlangt. Wenn die Theilchen einer Substanz sich in der Verworrenheit (*heterogeneous condition*) befinden, welche die des Eisens in seinem unmagnetischen Zustand besitzen, so mag die Magnetkraft den magnetischen und auch diamagnetischen Zustand, welcher wahrscheinlich ein Inductionszustand ist, entwickeln; allein es erhellt nicht sogleich, dass sie auch einen Zustand wie den hier betrachteten erregen könne.

2577. Dass die Theilchen ihre Eigenthümlichkeit zu grossem Maasse in allen Resultaten bewahren, geht aus der Betrachtung hervor, dass sie eine inwohnende Fähigkeit oder Kraft, die Krystallisationskraft, besitzen, welche so standhaft ist, dass sie sich durch keine Behandlung verändern lässt, dass es eben diese Kraft ist, welche, indem sie den Theilchen eine regelmässige Lage in der Masse giebt, sie auch befähigt, gemeinschaftlich auf den Magnet oder elektrischen Strom zu wirken oder eine Einwirkung von ihnen zu erleiden; und dass wenn die Theilchen nicht so angeordnet sind, sondern verworren in der Masse liegen, die Summe ihrer Kräfte nach aussen Null

ist und keine inductive Einwirkung des Magnets oder elektrischen Stroms die geringste Spur von den Erscheinungen zu entwickeln vermag.

2578. Und dass die Theilchen selbst vor ihrer Krystallisation, vermöge der Krystallisationskraft, einigermassen in die Ferne wirken können, wird, glaube ich, durch die folgende Thatsache dargethan. Eine Flasche enthaltend etwa ein Quart Glaubersalz-Lösung von solcher Concentration, dass sie nach Erkalten bei Berührung mit einem Krystall des Salzes oder einem anderen Körper krystallisirte, wurde eine Woche oder länger ruhig stehen gelassen. Die Lösung war klar geblieben, allein als man die Flasche berührte, erfolgte mit einem Male durch die ganze Masse eine Krystallisation in klaren, gesonderten durchsichtigen Tafeln von mehr als einem Zoll in Länge und einem halben Zoll in Breite und einer Dicke von vielleicht $^1/_{50}$ bis $^1/_{60}$ Zoll. Sie alle waren horizontal und mithin einander parallel und hatten, wenn ich mich recht erinnere, ihre Länge in gleicher Richtung; auch waren sie in jedem Theil der Flasche von gleichem Character und anscheinend in gleicher Menge vorhanden. Beim Umkippen der Flasche hielten sie fast die Flüssigkeit zurück, und als diese abgelassen ward, boten sie ein schönes und gleichförmiges Haufwerk von Krystallen dar. Dieses Ergebniss überzeugte mich damals, dass wiewohl der Einfluss eines gelösten und krystallisirenden Theilchens unmittelbar und hauptsächlich auf seine Nachbarn gerichtet ist, er sich doch auch darüber hinaus erstrecken müsse, weil sonst die ganze Masse der Lösung schwerlich in einen so gleichförmigen Krystallisationszustand gerathen sein könne. Ob die Horizontalität der Platten zu der fast verticalen Richtung der Kraftlinien des Erdmagnetismus, die während der ganzen Ruhezeit die Lösung durchschnitten, irgend eine Beziehung habe, ist mehr als ich zu sagen wage.

2579. Folgendes sind Betrachtungen, welche auf die grosse Frage (2576) von einem ursprünglichen oder hervorgerufenen Zustand hinzielen.

2580. Zunächst bringt das Wismuth aus dem Magnetfelde keine Kraft oder keinen besonderen Zustand mit, vermöge dessen es auf einen Magnet wirkte (2504); wenn also der Zustand des Krystalls ein inductiver ist, ist er wahrscheinlich ein vorübergehender, der nur während der Induction besteht. Die Thatsache also, obwohl eine negative, stimmt, soweit ihre Beweiskraft reicht, mit jener Voraussetzung überein.

2581. Wenn ferner der Effect, soweit er den Krystall betrifft, ganz aus einer ursprünglichen, der Masse innewohnenden Kraft entspränge, so stände zu erwarten, dass der Magnetismus der Erde oder eines anderen schwachen Magnets auf den Krystall einwirkte. Freilich muss eine schwache Magnetkraft so gut als eine starke einen gegebenen Zustand in einem Wismuthkrystall induciren, nur verhältnissmässig; allein wenn der gegebene Zustand dem Krystall inhärent wäre und in seinem Betrage sich nicht änderte durch die Stärke der einwirkenden Magnetkraft, so müsste eine schwache Magnetkraft entschiedener auf das Wismuth wirken als wenn sein Zustand ein inducirter, und nur der Stärke dieser Kraft proportionaler wäre. Was auch der Werth dieses Arguments sein mag, so wurde ich doch dadurch veranlasst, den Versuch über den Einfluss der Erde (2505) sehr sorgfältig zu wiederholen. Ich hing Krystalle in kleinen Flaschen auf, stülpte grössere darüber und machte diesen Versuch an einem unterirdischen Orte von gleichförmiger und constanter Temperatur, so dass jeder Luftzug ausgeschlossen war, und der Krystall den schwächsten Torsionsgraden, die man den Aufhängefaden oben durch den Zeiger gab, folgen konnte. Unter diesen Umständen konnte ich keine Richtkraft unter dem Einfluss der Erde erhalten, weder mit Wismuth- noch mit Eisenvitriolkrystallen. Vielleicht möchte sie unter dem Aequator, wo die Kraftlinien horizontal sind, wahrnehmbar werden.

2582. Angenommen drittens, es sei in den Krystallen und dessen Molecülen eine ursprüngliche Kraft vorhanden, so liesse sich erwarten, dass sie, unabhängig von der Magnekraft, eine directe Wirkung aufeinander ausüben, und wäre dies der Fall, so hätte man den best möglichen Beweis, dass die im Magnetfelde geäusserte Kraft eine inhärente sei. Allein als ich einen grossen Krystall mit seiner Magnekrystallaxe horizontal unter oder neben einen aufgehängten kleineren legte, konnte ich kein Zeichen von gegenseitiger Einwirkung wahrnehmen, selbst dann nicht, als die nahe gelegten Theile der Krystalle abgeschliffen oder fortgelöst worden waren, um die beiden Krystalle mit grossen Flächen möglichst nahe aneinander zu bringen. Solche Versuche (2581) erfordern eine grosse Sorgfalt, sonst entstehen Resultate, die eine Wechselwirkung der Krystalle anzudeuten scheinen.

2583. Ebenso wenig konnte ich eine Spur von Wechselwirkung zwischen Krystallen von Wismuth oder Eisenvitriol

auffinden, wenn beide im Magnetfelde waren, und der eine frei schwebte, während der andere in verschiedenen Lagen ihm nahe war.

2584. Aus der Abwesenheit oder ungemeinen Schwäche irgend einer Wechselwirkung zwischen den Krystallen, so wie aus der Wirkung der Wärme, die den Krystallen, bevor sie ihren krystallinischen Zustand verloren haben, jedes Vermögen raubt (2570), bin ich zu glauben veranlasst worden, dass die Kraft, welche der Krystall im Magnetfelde durch seine Bewegung äussert, hauptsächlich und fast gänzlich inducirter Natur ist, freilich abhängig von der Krystallkraft und ihr zuletzt hinzutretend, aber sie zugleich erhöhend zu einem Grade, den sie ohne Induction nicht erreicht haben würde.

2585. In diesem Falle müsste die Kraft wahrscheinlich eine magnekrystallische genannt werden, da sie unter dem Einfluss des Magnets erzeugt oder entwickelt wird. Ich gebrauche das Wort magnekrystallisch, um damit anzudeuten, dass sie, wie ich glaube, dem Krystall selber angehört, und in diesem Sinn spreche ich auch von Magnekrystallaxe u. s. w.

2586. Diese Kraft scheint mir von einem sehr seltsamen und auffallenden Character zu sein. Sie ist nicht polar, denn sie bewirkt weder Anziehung noch Abstossung. Allein von welcher Natur ist dann die mechanische Kraft, welche den Krystall herumdreht (2460) oder ihn auf einen Magnet wirken lässt (2564)? Er ist nicht gleich einer Drahtrolle, auf welche Magnetkraftlinien wirken; denn dazu ist ein elektrischer Strom erforderlich, und jene Rolle besitzt die ganze Zeit hindurch Polarität, wird kräftig angezogen oder abgestossen*).

2587. Nehmen wir für einen Moment an, die axiale Lage sei diejenige, in welcher der Krystall nicht afficirt wird, und es sei die schiefe Lage, in welcher die magnekrystallisch axiale Richtung afficirt und polar wird, zwei Spannungen gebend, welche den Krystall herumziehen; so müssten zu diesen Zeiten Anziehungen vorhanden sein, und ein schief dargebotener Krystall müsste von einem einzigen Pol oder von dem nächsten unter beiden angezogen werden; aber eine Wirkung der Art ist nicht vorhanden.

2588. Oder wir könnten annehmen, der Krystall wäre in Richtung der Magnekrystallaxe etwas mehr für magnetische

---

*) Vielleicht finden diese Punkte ihre Erklärung in der Wirkung anliegender Partikel (1663, 1710, 1729, 1735, 2443).

Induction oder etwas weniger für diamagnetische Induction empfänglich als in anderen Richtungen. Allein, wenn dem so wäre, so würden magnetische Körper, wie Eisenvitriol (2557, 2583) sicherlich polare Anziehungen äussern und diamagnetische Körper, wie Wismuth, einen Unterschied in dem Grade der Abstossung zeigen, wenn sie mit der Magnekrystallaxe parallel oder winkelrecht den Magnekraftlinien dargeboten werden (2552), was aber nicht der Fall ist.

2589. Ich erinnere mich bisher keiner Kraft, wie die gegenwärtige, durch welche ein Körper, ohne Anziehung oder Abstossung, nur in eine Richtung gebracht wird.

2590. Ist die Kraft eine inducirte, so muss sie, im Allgemeinen, der sie inducirenden gleich sein, und diese sind bis jetzt die magnetische und elektrische Kraft. Ist sie, inducirt, der Krystallisationskraft unterworfen (2577), so muss zwischen ihr und dieser eine innige Beziehung stattfinden. Welche Hoffnungen also, dass die Resultate uns noch zur vollen Erkenntniss dieser Kräfte (2146), ihrer Verknüpfungen mit den Körpertheilchen und ihrer Wirkungsweisen führen werden.

2591. Ich kann nicht unterlassen, über diese Erscheinungen noch eine andere Ansicht auszusprechen, die möglicher Weise die richtige ist. Die Magnekraftlinien lassen sich vielleicht als einigermassen den Strahlen des Lichts, der Wärme u. s. w. ähnlich betrachten, und sie mögen beim Durchgang durch die Körper eine Schwierigkeit finden, wie es mit dem Lichte der Fall ist. Sie mögen z. B. einen krystallisirten Körper in Richtung der Magnekrystallaxe freier oder ungehindert durchdringen als in anderen Richtungen. In diesem Falle wäre die Lage, welche der Krystall mit seiner Magnekrystallaxe den Magnekraftlinien parallel im Magnetfelde annimmt, die Lage des kleinsten oder nullgleichen Widerstands und deshalb die Lage der Ruhe und des stabilen Gleichgewichts. Alle diametralen Effecte würden mit dieser Ansicht übereinstimmen. Denn gerade, was die optische Axe für einen polarisirten Lichtstrahl ist, nämlich die Richtung, in welcher dieser nicht afficirt wird, das würde die Magnekrystallaxe für die Magnekraftlinien sein. Wenn diess der Fall wäre, dürften wir auch hoffen, bei krystallisirten Körpern eine Reihe von auf Verzögerung und Richtungs-Einfluss beruhenden Erscheinungen zu entdecken, welche den schönen Lichterscheinungen in solchen Körpern parallel gingen. Indem ich diese Voraussetzung mache, vergesse ich nicht die Trägheit und das Moment; allein die

Idee, die ich mir von der Trägheit mache, schliesst die obige Ansicht nicht als unvereinbar damit aus; überdiess erinnere ich daran, dass wenn ein Magnetpol und ein von einem elektrischen Strom durchflossener Draht so befestigt werden, dass der eine sich nicht ohne den anderen drehen kann, der eine, wenn man den anderen zur Axe macht, diesen umkreist und mit sich führt; und auch, dass ein Magnet, wenn er im Quecksilber schwimmt und einen elektrischen Strom hinableitet, umherkreist vermöge der Kräfte, die innerhalb seiner Masse sind. Bei meinen unvollkommenen mathematischen Kenntnissen scheint mir in diesen Bewegungen ebenso viel Schwierigkeit zu liegen als in der von mir vorausgesetzten, und daher wage ich die Idee auszusprechen*). Die Hoffnung auf ein polarisirtes Bündel von Magnetkräften ist an sich genügend, um ernsthaft sich mit Darstellung desselben zu befassen; ich kann wohl sagen, dass Niemand, bei gehöriger Geschicklichkeit, Unpartheilichkeit und Vorsicht, in diesen Untersuchungen vergebens arbeiten wird.

2592. In einem früheren Aufsatz (2469) habe ich schon auf *Plücker*'s schöne Entdeckung der Abstossung der optischen Axe gewisser Krystalle durch den Magnet**) verwiesen, und sie unterschieden von meiner eigenen beim Wismuth, Antimon und Arsen, welche nicht Fälle von Abstossung oder Anziehung darstellen; ich glaube nun mit *Plücker*, dass die dort auftretende Kraft eine der optischen Axe angehörige ist, die sich in äquatorialer Richtung äussert, also winkelrecht auf der, welche die magnekrystallischen Erscheinungen hervorbringt.

2593. Allein die Beziehungen beider zum krystallinischen Gefüge und folglich zu der Kraft, welche dieses bewirkt, sind einleuchtend. Auch andere Betrachtungen, hinsichtlich der Lage, Einstellung und Drehung, zeigen, dass die beiden Kräfte in ihren Beziehungen zur magnetischen und diamagnetischen Kraft sehr verschieden sind. Da demnach einerseits die strenge Gleichheit und andererseits die Verschiedenheit beider Klassen von Erscheinungen klar ist, so will ich sie vergleichen, um zu sehen, ob nicht die bei ihnen wirkende Kraft identisch sei.

2594. Ich hatte den Vortheil die Resultate *Plücker*'s unter dessen persönlicher Anleitung beim Turmalin, Staurolith, rothem Cyaneisenkalium und Kalkspath bestätigt zu sehen. Seitdem habe ich, besonders rücksichtlich der vorliegenden Arbeit, den

---

*) Siehe Note am Ende (2639).

**) *Pogg*. Ann. Bd. 72 (Oct. 1847).

Kalkspath sorgfältig untersucht, da er ein unmagnetischer und zugleich in krystallischer Beziehung so einfacher Körper ist, dass er nur eine optische Axe besitzt.

2595. Hängt man ein kleines Rhomboëder, etwa 0,3 Zoll in grösster Dimension, mit seiner optischen Axe horizontal zwischen den zugespitzten, und einander möglichst genäherten Polen eines Elektromagnets auf, so stellt es sich in äquatoriale Richtung, und die optische Axe fällt mit der magnetischen zusammen; rückt man aber die Pole 6 oder 9 Linien auseinander, so dreht sich das Rhomboëder um 90° und stellt sich mit der optischen Axe äquatorial, also mit der grössten Länge axial. Im ersten Fall hat die diamagnetische Kraft das Uebergewicht über die Kraft der optischen Axe, im letzteren ist es umgekehrt.

2596. Um den diamagnetischen Einfluss zu entfernen, wandte ich flache Pole an (2463); jetzt stellte sich das kleine Rhomboëder immer mit der optischen Axe äquatorial oder vibrirte um diese Lage.

2597. Hierauf nahm ich drei Würfel aus Kalkspath, respective von 0,3, 0,5 und 0,8 Zoll in Seite, deren optische Axen auf zwei der Flächen rechtwinklig waren, und brachte sie nacheinander in das Magnetfeld, entweder zwischen flachen oder spitzen Polen. In allen Fällen ging die optische Axe, wenn sie horizontal war, in die äquatoriale Lage, und wenn sie vertical stand, hatten die Würfel keine Richtkraft. Durch die Methode zweier Lagen (2470) war es leicht, die Kraftlinie zu finden, bei deren Verticalität die Masse nicht vom Magnet afficirt ward, und bei deren Horizontalität sie in die äquatoriale Lage ging. Eine Untersuchung der Würfel im polarisirten Lichte zeigte, dass diese Linie mit der optischen Axe zusammenfiel.

2598. Selbst der Hufeisenmagnet (2485) ist stark genug, um diese Erscheinungen hervorzubringen.

2599. An zwei ähnlichen Würfeln von Bergkrystall (1692) konnte ich keine Spur von Erscheinungen wahrnehmen, die eine magneoptische oder magnekrystallische oder sonst eine Beziehung zum Krystallgefüge der Masse gehabt hätten.

2600. So ist also vollkommen gewiss, dass es im Kalkspathkrystall eine mit der optischen Axe zusammenfallende Linie giebt, welche die Resultante der den Krystall im Magnetfelde in eine bestimmte Lage bringenden Kräfte ist, und eben so gewiss ist, dass diese Lage eine äquatoriale ist. Dennoch,

scheint sie mir als Kraftlinie, d. h. als Richtung der Kraft, welche den Krystall in jene Lage bringt, etwas Anomales zu haben. Denn, dass eine richtende und bedingende Kraftlinie zu ihrem vollen Effect das Resultat haben sollte, in eine Ebene (die äquatoriale) zu gehen, in welcher sie eine Unzahl verschiedenartiger Lagen annehmen könnte, hat etwas Unbefriedigendes und erweckt den Gedanken, dass irgend ein anderer Effect oder sonst noch ein Phänomen zu erforschen und zu erklären übrig bleibe.

2601. Bei fernerer Betrachtung scheint es, dass eine blosse Combination der Magnekrystallität, wie sie im Wismuth existirt, uns eine vollkommene Vorstellung von dem Zustand des Kalkspaths geben werde; denn bringt man zwei Wismuthstücke mit ihren Magnekrystallaxen rechtwinklig gegen einander (2484), so hat man ein System von Kräften, welche, als Resultante, eine in die äquatoriale Richtung einspielende Linie zu besitzen scheint. Wenn diese Linie vertical ist, hat das System keine Richtkraft; ist sie aber horizontal, so stellt es sich in die äquatoriale Ebene. Dennoch hat die wahre Kraft nicht eine äquatoriale, sondern die axiale Richtung; und das System bewegt sich so zu sagen, eher durch eine Ebene axialer Kraft (hervorgehend aus dem Vereine zweier zu einander rechtwinkliger Axen), als durch eine Linie äquatorialer Kraft.

2602. Ohne Zweifel ist das Rhomboëder oder der Würfel (2597) von Kalkspath kein zusammengesetzter Krystall wie das eben (2601) erwähnte System von Wismuthkrystallen; allein die Molecüle desselben könnten eine zusammengesetzte Anordnung ihrer Kräfte besitzen, könnten zwei oder mehrere Axen haben, die, während sie die krystallinische Structur bedingten, gegen den Magnet eine solche Kraft äusserten, dass die Resultate gleicher Art und Weise wären, wie bei dem Doppelkrystall von Wismuth (2601). Dass es im Kalkspath- oder Wismuththeilchen nur eine Axe von Krystallkraft gebe, scheint mir in der That mit der Spaltbarkeit der Substanzen in drei und mehr Richtungen nicht verträglich zu sein.

2603. Die optische Axe eines Kalkspathstücks ist einfach die Linie, in welcher ein polarisirter oder gemeiner Lichtstrahl am wenigsten afficirt wird. Sie mag, als Resultante der Molecularkräfte, eine Linie schwächster Intensität sein, und sicher ist ein Stück Kalkspath, für die gewöhnlichen und mechanischen Mittel zur Beobachtung der Cohäsion, viel härter an den

Flächen und Stellen, welche der optischen Axe parallel sind, als an den darauf winkelrechten. Eine gewöhnliche Feile oder ein Stück Sandstein erweist dieses. So wie also die zur optischen Axe äquatoriale Ebene Richtungen vorstellt, in welchen die Krystallisationskraft stärker ist als in Richtung der optischen Axe, so mag sie auch diejenige sein, in welcher die Resultante der Magnekrystallkraft ausgeübt wird.

2604. Als einigermassen in Widerspruch mit diesen Betrachtungen muss ich sagen, dass beim Wismuth, Antimon und Arsen die Spaltbarkeit winkelrecht auf der Magnekrystallaxe eine sehr leichte ist (2475. 2510. 2532). Allein es ist daran zu erinnern, dass die Spaltbarkeit (und deshalb die Cohäsion) nicht das Einzige ist, was in Betracht kommt; denn beim Kalkspath fällt sie weder mit der äquatorialen, noch mit der axialen Richtung des Krystalls im Magnetfelde zusammen; zum vollen Verständniss aller dieser Punkte müssen wir auch den polaren (oder axialen) Zustand der Theilchen der Massen in Betracht ziehen.

2605. Ich bin auch genöthigt zuzugeben, dass, wenn man zwei Kalkspathkrystalle mit ihren optischen Axen rechtwinklig auf einander zusammenfügt, man ein System erhält, welches in Richtung der Kraft das Wismuth getreu darstellt, d. h. welches im Magnetfelde anscheinend nur eine Kraftlinie und zwar in axialer Richtung zeigt, während es in Wahrheit durch ein System von zwei in äquatorialer Ebene liegenden Kräften bewegt wird. Ich will für jetzt nicht behaupten, dass diess wirklich der Zustand der Dinge sei; allein ich glaube, dass die Metalle, Wismuth, Antimon und Arsenik, gleich wie sie uns die stärksten Fälle, so auch die einfachsten von Magnekrystallkraft darbieten. Wie dem aber auch sei, so bin ich doch der Meinung, dass die von *Plücker* entdeckten und die von mir in diesen beiden Abhandlungen beschriebenen Erscheinungen einen gemeinschaftlichen Ursprung haben.

2606. Bei den *Plücker*'schen Krystallen (Kalkspath, Turmalin, rothem Cyaneisenkalium) wiederholte ich in Bezug auf die Frage über die Ursprünglichkeit oder Einpräglichkeit der Kraft (2576) alle früheren Versuche und Betrachtungen und kam zu demselben Schluss wie damals (2584).

2607. Ich konnte nicht finden, dass Krystalle von rothem Cyaneisenkalium oder Turmalin vom tellurischen Magnetismus afficirt werden (2581) oder auf einander wirken (2582). Ebenso wenig konnte ich finden, dass der von *Plücker* beim Kalk-

spath und rothen Cyaneisenkalium beobachtete Effect ein attractiver oder repulsiver sei; er ist nur ein richtender (2550. 2560). Alle diese Umstände überzeugten mich, dass die bei seinen und bei meinen Versuchen wirksame Kraft eine und dieselbe ist*).

2608. Ein kleines Kalkspathrhomboëder wurde im Magnetfelde so stark erhitzt, als es mit einer Weingeistlampe möglich ist (2570), wenigstens bis zur vollen Rothgluth des Kupfers; allein es richtete sich so gut wie zuvor. Ein kurzer dicker Turmalin, bis zu demselben Grade erhitzt, stellte sich ebenfalls gut ein. So wie er erkaltete, ward er indess stark magnetisch und schien für Versuche in niederer Temperatur ganz unbrauchbar geworden zu sein; allein als er einige Secunden in Königswasser digerirt und dadurch etwas Eisen von seiner Oberfläche fortgenommen worden war, stellte er sich gut, wie zuvor, übereinstimmend mit dem *Plücker*'schen Gesetz. Durch die Flamme und Hitze war an der Oberfläche ein wenig Oxyd zu Oxydul reducirt, und diess hatte den Magnetismus veranlasst.

2609. Es giebt eine allgemeine und, wie mir scheint, wichtige Beziehung zwischen *Plücker*'s magneto-optischen Resultaten und denen, die ich früher mit schwerem Glase und anderen Körpern erhielt (2152 etc.). Wenn diese Körper dem Einfluss starker magnetischer oder elektrischer Kräfte ausgesetzt werden, so geraden sie in einen besonderen Zustand, in welchem sie auf einen polarisirten Lichtstrahl einzuwirken vermögen. Die Wirkung besteht in einer Drehung des Strahles, wenn er parallel den Magnekraftlinien oder, anders gesagt, in axialer Richtung durch den Körper geht; geht er aber in äquatorialer Richtung, so erfolgt keine Wirkung. Die äquatoriale Ebene ist also diejenige, in welcher der Zustand der Molecularkräfte hinsichtlich ihres Einflusses auf das Licht am wenigsten gestört wird. So auch in *Plücker*'s Resultaten: Die optische Axe oder, wenn deren zwei da sind, die optischen

*) Die optische Axe ist die Richtung schwächster optischer Kraft, und nach *Plücker*'s Versuchen coïncidirt sie mit dem, was ich in meinen Resultaten als die Richtung des Minimums der der Magnekrystallkraft ansehe. Mehr als wahrscheinlich ist, dass, wo man beide Reihen von Effecten (seien sie wahrhaft oder nur nominell verschieden) an einem und demselben Körper beobachten kann, die Richtung des Maximum-Effects mit der des Minimum-Effects zusammenfällt.

Axen stellen sich unter magnetischen Einfluss in jene Ebene und sind auch die Linien, in welchen die Wirkung auf polarisirtes Licht am schwächsten oder Null ist.

2610. Könnte ein Stück schweres Glas oder eine Portion Wasser, vor der Aufhängung im Magnetfelde, in diesen Zwangszustand versetzt werden, so würde es sich bei freier Beweglichkeit so stellen, dass die Ebene ohne Wirkung auf das Licht äquatorial zu stehen käme, gerade wie es mit einem Kalkspath oder Turmalin in *Plücker*'s Versuchen der Fall ist. Und so wie hierbei der magnetische oder diamagnetische Character keinen Unterschied in dem allgemeinen Resultat bedingt, so ist auch bei meinen Versuchen der optische Effect bei beiden Klassen von Substanzen von gleicher Richtung und gleichen Gesetzen unterworfen (2185. 2187).

2611. Trotz dieser allgemeinen Gleichheit in der Hauptsache ist doch, was Anordnung der Kräfte betrifft, eine sehr grosse Verschiedenheit im Krystall und schwerem Glase vorhanden, und eine noch grössere besteht darin, dass das schwere Glas seinen Zustand nur während der Induction durch Zwang annimmt, während der Krystall denselben ungezwungen, natürlich und permanent besitzt. In beiden Fällen ist jedoch der Zustand, sei er natürlich oder aufgedrungen (*induced*), ein Zustand der Theilchen, und der Vergleich der Wirkung des Lichts auf das Glas unter Zwang und auf den Krystall in Natürlichkeit zeigt, dass der Magnet ein Vermögen hat, den Körpertheilchen, selbst den Flüssigkeitstheilchen (2184), etwas Aehnliches wie das zur Krystallisation Erforderliche, einzuprägen (*induce*).

2612. Wenn diese Betrachtungen irgend Werth haben, und wenn die vom Wismuth- und Kalkspathkrystall geäusserten Kräfte gleich sind (2607), so steht ferner zu glauben, dass in dem Wismuth und ähnlichen Metallen, wenn sie der Kraft eines Magnets unterworfen sind, zugleich eine eingeprägte (*induced*) (2584) und eine präexistirende Kraft (2577) vorhanden ist. Die letztere mag als die Krystallisationskraft unterschieden werden und lässt sich nachweisen zuerst durch solche Körper, die, ohne unter Induction zu stehen, optische Axen und Kraftlinien zeigen, dann durch die Symmetrie der ganzen Masse und die Festigkeit der Magnekrystallkraftlinien in Körpern, welche dieselbe experimentell besitzen.

2613. Ich habe von der Magnekrystallaxe als von einer gegebenen Linie oder Richtung gesprochen; ich wünschte

jedoch nicht so verstanden zu sein, als setzte ich voraus, dass rings um dieselbe die Kraft abnehme oder der Zustand sich ändere im gleichem Verhältniss. Wahrscheinlich ist vielmehr, dass die Veränderung verschieden ist in verschiedenen Richtungen, je nach den Kräften, die den Krystallen Gestaltverschiedenheiten geben. Die Anordnung der Kraft mag späterhin genau ermittelt werden durch Anwendung guter Krystalle, eines unveränderlichen Stahlmagnets (2485, 2528) oder eines regulirten Elektromagnets flachseitiger Pole (2463) und Torsion (2500. 2530).

2614. Ich kann diese Reihe von Untersuchungen nicht schliessen, ohne bemerklich zu machen, wie rasch unsere Kenntniss von den Molecularkräften wächst, wie schlagend jede Forschung uns deren Wichtigkeit mehr entfaltet und deren Studium anziehender macht. Vor wenig Jahren noch war uns der Magnetismus eine dunkle, nur auf wenige Körper wirkende Kraft; jetzt wissen wir, dass er auf alle Körper wirkt und in innigster Beziehung steht zur Elektricität, Wärme, chemischen Action, zum Licht, zur Krystallisation, und, durch diese wiederum, zu den Cohäsionskräften. Bei solchem Zustande der Dinge mögen wir uns wohl angetrieben fühlen, unsere Arbeiten fortzusetzen, ermuthigt durch die Hoffnung, den Magnetismus selbst mit der Gravitation in Verbindung zu setzen.

Royal Institution, 20. Oct. 1848.

6. Zusatz. Ueber die Lage eines Eisenvitriolkrystalls im Magnetfelde.

2615. Wiewohl Effecte der folgenden Art allgemein sind, so glaube ich doch angeben zu müssen, dass ich sie hauptsächlich bei Anwendung von Magnetpolen (2247) erhalten habe, deren Grundriss und Seitenansicht in Fig. 9 gegeben sind. Die ihrer Wirkung ausgesetzten Krystalle wurden an Coconfäden aufgehängt, so, dass sie mit der oberen Fläche der Pole im Niveau schwebten.

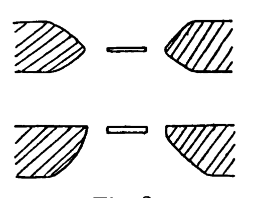


Fig. 9.

2616. Es wurde ein prismatischer Eisenvitriol-Krystall ausgewählt, der 0,9 Zoll lang, 0,1 Zoll breit und 0,05 Zoll dick war; seine Magnekrystallaxe coïncidirte mit der Dicke und war daher ganz

oder fast parallel der Tafel (2546). Als er wie oben beschrieben aufgehängt, und der Magnet (2247) durch zehn Grove'sche Plattenpaare erregt worden, stellte er sich transversal oder mit seiner Magnekrystallaxe parallel der Magnetaxe, sobald der Abstand zwischen den Polen 2,25 Zoll oder mehr betrug; war aber dieser Abstand nur 2 Zoll oder weniger, so stellte er sich mit seiner Länge axial, oder beinahe so, und seine Magnekrystallaxe also quer gegen die Magnetkraftlinien. Bei Abständen zwischen 2 und 2,25 Zoll nahm das Prisma mehr oder weniger schiefe Lagen (2634) gegen die axiale Linie an, und so ging es allmälig von einer Lage in die andere über. Diesen intermediären Abstand will ich für jetzt den *n* (neutralen) Abstand nennen.

2617. Wurde, bei 2 Zoll Abstand der Pole, der Krystall langsam herabgelassen, so ging er durch dieselben intermediären schiefen Lagen in die transversale über, und dasselbe erfolgte, als er gehoben wurde; bei jedem kleineren Abstande erfolgten dieselben Uebergänge, nur später. Sie traten beim Heben des Krystalls rascher ein als beim Senken, doch nur wegen der Unsymmetrie in der Anordnung und Intensität der Magnetkraftlinien rings um die Magnetaxe, in Folge der Hufeisenform des Magnets und der Gestalt der Pole. Wären zwei Cylindermagnete mit konischen Polen angewandt worden, würden ohne Zweifel die entsprechenden Veränderungen in der Lage des Krystalls bei gleichen Hebungen und Senkungen eingetreten sein.

2618. Diese Veränderungen rühren nicht bloss her von Abnahme der Magnetkraft mit der Ferne, sondern auch von Unterschieden in der Form und Richtung der Kraftresultanten. Diess geht daraus hervor, dass wenn der Krystall in der ersten Lage, wo er seine Länge axial stellt, gelassen wird, keine Verringerung der Magnetkraft diese Lage ändert. So bleibt der *n* Abstand (2616) ungeändert, man mag zur Erregung des Magnets ein oder zehn Grove'sche Paare anwenden, ja selbst zum Gebrauch eines gewöhnlichen Hufeisenmagnets hinabsteigen.

2619. Veränderungen in der Länge des prismatischen Krystalls haben einen bedeutenden Einfluss auf das Resultat. Je kürzer der Krystall, desto kleiner der *n* Abstand, während alle übrigen Erscheinungen gleich bleiben. Ein 0,7 langer Krystall, der aber dicker als der letzte war, hatte als Maximum des *n* Abstandes 1,7 Zoll. Ein noch kürzerer Krystall hatte das Maximum des *n* Abstandes bei 1,1 Zoll. In allen diesen

2636. So verhalten sich alle prismatischen Eisenvitriolkrystalle, die ich untersucht habe. Der Effect ist sehr bestimmt; und wie zu erwarten, wenn zwei Krystalle in der Richtung ihrer Schiefe entsprechen, so entsprechen sie auch einander in der Lage ihrer Form und der Richtung ihrer verschiedenen Flächen.

2637. Alle diese Verschiedenheiten der Lage deuten auf eine schiefe Resultante der aus der vereinten Wirkung der magnetischen und der magnekrystallischen Kraft entspringenden Richtkraft; und sie würden sich erklären durch die Annahme, dass die Magnekrystallaxe oder die Linie des Maximums der Magnekrystallkraft nicht winkelrecht ist auf den Hauptflächen (oder Endflächen) des Krystalls, sondern ein wenig geneigt in Richtung der Länge.

2638. Mag diess der Fall sein oder auch die Maximumlinie der Magnetkraft ein wenig gegen die Länge des Prismas neigen, so liefert doch der *n* Abstand eine vortreffliche experimentelle Gelegenheit, diese Neigung, wie klein sie auch sein möge, zu untersuchen, da der Einfluss der einen oder anderen in jedem erforderlichen Grade mit Leichtigkeit vorwaltend gemacht werden kann.

Royal Institution, 5. Dec. 1848.

2639. Note. (2591). Es lässt sich noch eine Voraussetzung aufstellen. Ich habe schon gesagt, dass man die Einstellung ohne Anziehung und Abstossung durch die Annahme eines bloss axialen Zustandes (2587. 2591) erklären möchte. Gesetzt nun, es wäre möglich, die Molecule würden polar in Bezug auf den Nord- und Südpol des Magnets, doch ohne Relation unter einander, so könnte der Wismuth- oder anderweitige Krystall sich einstellen, wie wenn er bloss mit axialer Kraft begabt wäre; allein es scheint mir sehr unwahrscheinlich, dass die Polaritäten eines gegebenen Theilchens in einem Krystall dem Einfluss der Polaritäten der entfernten Magnetpole unterworfen sein sollten, und nicht auch den ähnlichen Polaritäten der benachbarten Theilchen.

Dreiundzwanzigste Reihe.[3])

(Philosoph. Transact. f. 1850. — Pogg. Ann. Band LXXXII.)

XXIX. Ueber den polaren oder sonstigen Zustand der diamagnetischen Körper.

2640. Vor vier Jahren sprach ich die Vermuthung aus, dass alle Erscheinungen bei diamagnetischen Körpern, die den Kräften im magnetischen Felde unterworfen sind, sich erklären lassen würden durch die Annahme, dass sie eine Polarität besitzen von gleicher Art, aber entgegengesetzter Richtung, wie die, welche unter denselben Umständen von Eisen, Nickel und anderen magnetischen Körpern angenommen wird (2429. 2430). Diese Ansicht ward von *Plücker*, *Reich* und Anderen, besonders aber von *W. Weber**), so günstig aufgenommen, dass ich grosse Hoffnung hegte, sie bestätigt zu finden, wiewohl meine eigenen Versuche (2497) diese Hoffnung nicht erhöhten.

2641. Ob Wismuth, Kupfer, Phosphor u. s. w. im magnetischen Felde polar seien oder nicht, ist jedoch eine ungemein wichtige Frage, denn darnach müssen in der Wirkungsweise dieser Körper sehr grosse und wesentliche Verschiedenheiten stattfinden. Ich beschloss daher, die Frage wo möglich durch einen experimentellen Beweis zu entscheiden, und nehme keinen Anstand das Resultat meiner Bemühung, obwohl es ein negatives ist, der K. Gesellschaft vorzulegen.

2642. Es schien mir, dass manche der Resultate, die als auf einen polaren Zustand deutend angesehen wurden, nur Folgen des Gesetzes seien, dass diamagnetische Körper von stärkern zu schwächern Wirkungsstellen zu gehen suchen (2418); andere dagegen schienen aus Inductionsströmen (26. 2338) zu entspringen. Bei weiterer Betrachtung schienen auch die Unterschiede zwischen diesen Wirkungsweisen und denen einer wirklichen, magnetischen oder diamagnetischen Polarität eine Untersuchungsart an die Hand zu geben, deren Resultate nützlich sein konnten. Denn, wenn eine Polarität vorhanden ist, muss sie in den Theilchen vorhanden und eine Zeitlang permanent sein, sich folglich unterscheiden lassen von der durch temporäre

*) *Pogg.* Ann., 1848 Bd. 73, S. 60 und 241.

Ströme erzeugten momentanen Polarität der Masse, und ebenso, durch ihre entgegengesetzte Richtung, von der gewöhnlichen magnetischen Polarität.

2643. Ein gerader Holzhebel von 2 Fuss Länge wurde an einem Ende an einer Axe so befestigt, dass er mittelst Kurbel und Rad in einer Horizontalebene vibriren, und sein freies Ende etwa 2 Zoll hin und her gehen konnte. Cylinder oder Kerne von Metallen oder anderen Substanzen, 5,5 Zoll lang und 0,75 Zoll im Durchmesser wurden nach einander an dem Ende eines 2 Fuss langen Messingstabes befestigt, dessen anderes

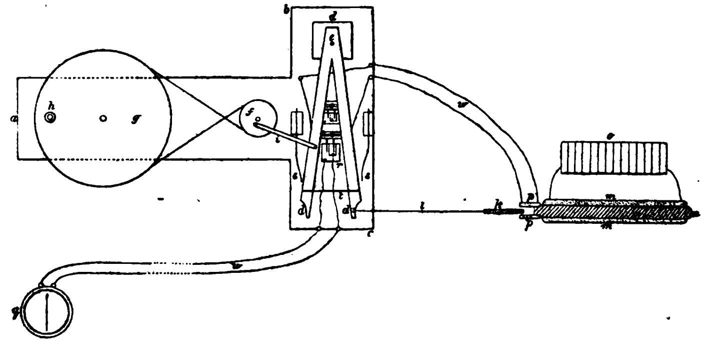


Fig. 10.

Ende an dem beweglichen Ende des Hebels angebracht war, so dass die Cylinder in Richtung ihrer Länge durch einen Raum von 2 Zoll bewegt werden konnten. Es war auch ein grosser cylindrischer Elektromagnet vorgerichtet (2192), dessen Eisenkern 21 Zoll in Länge und 1,7 Zoll im Durchmesser hielt; das eine Ende dieses Kerns war auf die Länge von einem Zoll dünner, nämlich nur einen Zoll dick.

2644. Auf diesen dünneren Theil war eine Rolle von 516 Fuss feinem übersponnenen Kupferdraht gesteckt; sie hielt 3 Zoll in Länge, 2 Zoll im äusseren und 1 Zoll im inneren Durchmesser; aufgesteckt auf das dünnere Ende des Elektromagnets nahm sie 1 Zoll von dem inneren Raum ein. Der Magnet und die Drahtrolle waren beide concentrisch mit dem oben erwähnten Metallcylinder gestellt und zwar in solcher Entfernung, dass der letztere in der Richtung seiner Axe sich in der Rolle bewegen, in rascher Folge ab oder zu dem

Magnet gehen konnte. Der kleinste und grösste Abstand des schwingenden Cylinders während des Spiels betrug 0,125 und 2,2 Zoll. Der Zweck hierbei war, zu untersuchen, ob die Rolle des feinen Drahts auf die Metallcylinder, während ihrer Hin- und Herbewegung oder in verschiedenen Abständen von dem Magnet, irgend einen Einfluss ausübten.

2645. Die Enden der kleinen Drahtrolle (*experimental helix*) waren verknüpft mit einem sehr empfindlichen Galvanometer, das 18 bis 20 Fuss vom Elektromagnet entfernt stand, damit dieser nicht auf dasselbe einwirke; zugleich war ein Commutator eingeschaltet. Dieser Commutator wurde durch den Holzhebel (2643) bewegt, und da die zu ihm aus der kleinen Rolle, während eines vollständigen Hin- und Herganges des Metallcylinders, gelangenden elektrischen Ströme aus zwei entgegengesetzten Portionen bestanden, so hatte der Commutator den Zweck, diese Portionen successive aufzunehmen und entweder in einem gleichgerichteten Strome zu dem Galvanometer zu führen, oder, zu anderen Zeiten, sie gegeneinander zu stellen und ihre Resultate zu neutralisiren. Er war so eingerichtet, dass er zu jeder Zeit oder in jedem Theil der Bewegung verändert werden konnte.

2646. Bekanntlich wird bei einer solchen Einrichtung, wie stark der Elektromagnet, oder wie empfindlich der übrige Theil des Apparats auch sein mag, keine Wirkung auf das Galvanometer hervorgebracht, so lange der Magnet seine Kraft, oder seine Wirkung auf benachbarte Körper, oder seine Entfernung und Lage zu der kleinen Rolle nicht ändert. Allein die Einführung eines Stückes Eisen oder sonstigen vom Magnet influenzirbaren Stoffs in die Rolle kann oder muss einen entsprechenden Einfluss auf die Drahtrolle oder das Galvanometer ausüben. In der That sollte ich denken, mein Apparat sei im Princip und in der Praxis fast gleich mit dem von Hrn. *Weber* (2640), aber dennoch gab er mir entgegengesetzte Resultate.

2647. Um zu richtigen Schlüssen zu gelangen ist es höchst nothwendig, die äusserste Vorsicht auf manche Punkte zu verwenden, die anfangs als unwichtig erscheinen können. Alle Theile des Apparats müssen einen vollkommen festen Stand haben, fast wie ein astronomisches Instrument; denn jede Bewegung irgend eines seiner Theile ist, vermöge der Construction, sicher mit der Bewegung des Commutators zu synchronisiren; und wahrnehmbare kleine Effecte summiren sich auf und machen sich als Ganzes am Galvanometer merkbar. Daher stehen bei mir die Maschine (2643), der Magnet, die Drahtrolle und das

Galvanometer auf gesonderten Tischen, und diese wiederum auf einem steinernen Flur, der auf dem Erdboden ruht. Der die Maschine tragende Tisch war gegen die benachbarte Mauer fest gestemmt.

2648. Ferner muss der Apparat selbst vollkommen wackellos sein und sich dennoch ohne Schlottern frei und leicht bewegen. Zu den beweglichen Theilen darf kein Eisen verwandt werden. Um das Moment des Ganzen theilweis aufzuheben und umzukehren sind an dem Ende der hin- und hergehenden Vorrichtung Springfedern angebracht, die aber nothwendig von gehämmertem Messing oder Kupfer sein müssen.

2649. Durchaus nothwendig ist, dass der Cylinder oder Kern bei seiner Bewegung den Magnet oder die Drahtrolle nicht im Geringsten hindere oder stosse. Dies kann leicht stattfinden, und doch wird es, ohne vieles Untersuchen, nicht wahrgenommen. Es ist auch wichtig die Kerne solcher Körper wie Wismuth, Phosphor, Kupfer u. s. w. so gross wie möglich zu nehmen; doch fand ich es nicht gerathen, weniger als $\frac{1}{8}$ Zoll Spielraum zwischen ihnen und der Innenwand der Drahtrolle zu lassen. Um den Kern gleichsam in Luft schwimmen zu lassen, ist es zweckmässig ihn in der Bucht oder Krümmung eines einmal herumgeschlungenen feinen Kupferdrahts aufzuhängen, dessen Enden aufsteigen und an zwei gleich hoch aber weit auseinander gelegenen Punkten befestigt sind, so dass der Draht die Form eines *V* hat. Diese Aufhängung hält den Kern in jedem Theile seiner Bewegung parallel.

2650. Der Magnet wird durch den elektrischen Strom von fünf *Grove*'schen Plattenpaaren erregt und ist sehr kräftig. Nicht mit der Batterie verbunden bleibt er noch in schwachem Grade magnetisch. In diesem Zustand angewandt, kann seine Kraft als längere Zeit constant angesehen, und die kleine Drahtrolle in jedem Moment mit dem Galvanometer verbunden werden, ohne dass darin ein Strom entsteht. Wendet man aber den Magnet im erregten Zustand an, so sind gewisse Vorsichtsmaassregeln nothwendig; denn verbindet man den Magnet mit der Batterie, und darauf die kleine Rolle mit dem Galvanometer, so erscheint in letzterem ein Strom, welcher in gewissen Fällen länger als eine Minute anhält und anscheinend aus dem der Batterie entspringt. Er entsteht jedoch nicht also, sondern rührt her von der Zeit, welcher der Eisenkern zur Annahme des Maximums seines Magnetismus gebraucht (2170. 2332), und während dieser ganzen Zeit wirkt er auf die kleine Rolle

und erregt einen Strom in ihr. Diese Zeit ist nach Umständen verschieden und ändert sich bei einem und demselben Elektromagnet besonders darnach, wie lange dieser ausser Gebrauch war. Bei erster Anwendung, nach einer Ruhe von zwei bis drei Tagen, beträgt sie achtzig und neunzig Sekunden und mehr. Nach Oeffnung der Batterie und unmittelbar darauf Schliessung wiederholt sich der Effect, erfordert aber nur zwanzig bis dreissig Sekunden. Bei einer dritten Unterbrechung und Erneuerung des Stroms erscheint er in noch kürzerer Zeit, und wenn der Magnet eine Zeitlang in kurzen Intervallen gebraucht worden ist, scheint er fähig zu sein, das Maximum seiner Kraft auf einmal anzunehmen. Bei jedem Versuch ist es nothwendig zu warten, bis der Effect auf das Galvanometer vorüber ist, sonst können die Ueberreste eines solchen Effects irrthümlich für das Resultat einer Polarität oder anderen eigenthümlichen Wirkung des Wismuths oder eines anderen untersuchten Körpers genommen werden.

2651. Das angewandte Galvanometer war von Hrn. *Rühmkorff* verfertigt und sehr empfindlich. Die Nadeln waren in ihrer Wirkung verstärkt und so nahe gleich, dass eine einzige Schwingung von der Rechten zur Linken sechszehn bis zwanzig Sekunden einnahm. Beim Experimentiren mit solchen Körpern wie Wismuth und Phosphor wurde die Lage der Nadel durch eine Linse beobachtet. Von der vollkommenen Verbindung aller Theile der Kette überzeugt man sich durch ein schwaches mit den Fingern erwärmtes thermo-elektrisches Paar. Dies geschah auch bei jeder Lage des Commutators, wo die Oxydschicht nach zwei- oder dreitägiger Ruhe vollkommen hinreichend war, einen schwachen Strom zu unterbrechen.

2652. Um die bei magnetischen und diamagnetischen Körpern vorkommenden Erscheinungen in directe Beziehung zu bringen, habe ich nicht so sehr die in der kleinen Rolle erzeugten Ströme, als vielmehr die am Galvanometer erhaltenen Effecte aufgezeichnet. Als normale Richtung in der Ablenkung wurde immer diejenige genommen, welche ein Eisendraht hervorbrachte, wenn er in gleicher Richtung und unter denselben Umständen des Commutators und der Verbindungsdrähte bewegt wurde wie ein Stück von Wismuth oder einem anderen der zu untersuchenden Körper.

2653. Eine dünne Glasröhre von der bedingten Grösse (2643), 5,5 Zoll lang und 0,75 dick, wurde mit gesättigter Eisenvitriollösung gefüllt und als Kern angewandt. Der Maschine

wurde zu dieser und aller übrigen Zeit des Versuchs eine solche Geschwindigkeit gegeben, dass der Kern fünf bis sechs Mal in der Sekunde hin und her ging. Dennoch erzeugte die Lösung keine merkbare Wirkung auf das Galvanometer. Ein Stück einer magnetischen Glasröhre (2354) und ein Kern von Propatriapapier, das zwischen den Polen des Elektromagnets auch magnetisch war, waren gleichfalls unwirksam. Eine Röhre, gefüllt mit kleinen Krystallen von Eisenvitriol, erzeugte eine Bewegung der Nadel von etwa 2°, und dieselbe Wirkung gaben Kerne bestehend aus einzelnen grossen Krystallen oder symmetrischen Gruppen von Eisenvitriolkrystallen; rothes Eisenoxyd (Colcothar) bewirkte den kleinstmöglichen Effect, Hammerschlag und metallisches Eisen (als dünner Draht) dagegen einen grossen.

2654. Sobald die Nadel sich bewegte, geschah es, in Richtung, übereinstimmend mit der Wirkung eines magnetischen Körpers; allein in vielen Fällen war die Bewegung, bei anerkannt magnetischen Körpern, gering oder Null. Dies beweist, dass diese Vorrichtung keineswegs ein so gutes Prüfungsmittel auf magnetische Polarität ist als eine einfache oder astatische Nadel. Die Mangelhaftigkeit in dieser Beziehung benimmt ihr jedoch nicht die Fähigkeit zur Erforschung der in den Versuchen von *Reich*, *Weber* und Anderen auftretenden Erscheinungen.

2655. Es wurden nun andere Metalle als Eisen untersucht und mit vollständigem Erfolg. Waren sie magnetisch, wie Nickel und Kobalt, so hatte die Ablenkung dieselbe Richtung wie beim Eisen. Waren die Metalle diamagnetisch, so erfolgte die Ablenkung in entgegengesetzter Richtung; bei einigen Metallen, wie Kupfer, Silber und Gold, betrug sie 60° bis 70° und erhielt sich so lange die Maschine in Thätigkeit erhalten ward. Allein die Ablenkung war nicht am grössten bei den stärkst diamagnetischen Substanzen, wie Wismuth, Antimon oder Phosphor; im Gegentheil habe ich mich bis jetzt noch nicht zu überzeugen vermocht, ob diese drei Körper irgend eine Wirkung ausüben. Bei vielen war die Wirkung proportional dem Elektricitäts-Leitungsvermögen der Substanz. Gold, Silber und Kupfer gaben die grössten Ablenkungen, Blei und Zinn geringere, Platin eine sehr kleine, Wismuth und Antimon gar keine.

2656. Mithin hat man allen Grund zu glauben, dass die Wirkungen durch in der Masse der bewegten Metalle inducirte Ströme, und nicht durch eine Polarität ihrer Theilchen

entstanden waren. Ich ging also daran, diese Idee durch Abänderung der Kerne und des Apparats zu prüfen.

2657. Zunächst ist klar, dass, wenn es eine Wirkung inducirter Ströme ist, sie meistens in dem dem Magnet näheren Theile des Kerns vorhanden sein muss, weniger in den entfernteren; wogegen bei einer Substanz, wie Eisen, für die Polarität, welche das Ganze annimmt, die Länge ein wichtigeres Element ist. Ich verkürzte daher den Kupferkern von 5,5 Zoll (2643) auf 2, und fand die Wirkung dadurch nicht verringert; selbst bei 1 Zoll Länge war sie wenig schwächer als zuvor. Im Gegentheil waren die Wirkungen stärker, wenn der als Kern angewandte dünne Eisendraht 5,5 Zoll Länge hatte; sehr viel geringer, wenn er nur 1 Zoll lang war. Es hält nicht schwer, einen Kupferkern mit einem dünnen Eisendraht in seiner Mitte zu verfertigen, der über eine gewisse Länge hinaus die Wirkung des Eisens giebt, und unterhalb derselben die Wirkung des Kupfers.

2658. Wenn ferner die Wirkung aus in der Masse (2642) inducirten Strömen entstände, würde eine Zertheilung der Masse diese Ströme hemmen und damit die Wirkung ändern, wogegen auf die wahre diamagnetische Polarität die Zertheilung der Masse keinen bedeutenden oder wesentlichen Einfluss hätte (2430). Es wurde daher Kupferfeilicht, zur Entfernung von etwa anhaftendem Eisen, einige Tage lang mit verdünnter Schwefelsäure digerirt, dann wohl gewaschen und getrocknet, und darauf erwärmt und in der Luft herumgeschwenkt, bis es durch einen sehr dünnen Ueberzug von Oxyd eine Orangenfarbe angenommen hatte. Dann wurde es in ein Glasrohr (2653) gefüllt und als Kern angewandt. Es gab durchaus keinen Effect, war so unwirksam als Wismuth.

2659. Das Kupfer kann jedoch so zertheilt werden, dass es die vorausgesetzten Ströme aufkommen lässt oder nicht. Ich schnitt dünnes Kupfer in Stücke von 5,5 Zoll Länge und bildete daraus ein Bündel von 0,75 Zoll Durchmesser (2643); dieses hatte keine Wirkung auf das Galvanometer. Ein anderer Kupferkern dagegen, der aus dünnen Kupferscheiben von 0,75 Zoll Durchmesser gebildet worden, lenkte die Galvanometernadel 25° bis 30° ab.

2660. Ueberspponnenen Kupferdraht von 0,75 Zoll Dicke wickelte ich zu einem soliden Cylinder von 2 Zoll auf und brauchte diesen als Kern. Blieben die Enden dieses Drahts unverbunden, so zeigte sich auf die kleine Drahtrolle und

folglich auch auf das Galvanometer keine Wirkung; waren aber die Enden zusammengelöthet, so ward die Nadel gut afficirt. Im ersteren Fall konnten die Ströme, welche sich in der Masse des bewegten Metalls zu bilden trachteten, nicht zu Stande kommen, weil der metallische Weg unterbrochen war; im zweiten konnte es aber geschehen, weil diese Unterbrechung nicht vorhanden war.

2661. Dasselbe Resultat wurde mit anderen Metallen erhalten. Ein cylindrischer Kern von Gold, aus Halb-Sovereigns gebildet, wirkte sehr kräftig auf das Galvanometer. Auch ein Silbercylinder aus Six-Penny-Stücken war sehr wirksam; allein ein Cylinder aus gefälltem Silber, das in einer Glasröhre möglichst zusammengestampft war, gab durchaus keine Anzeige von Wirkung. Dieselben Resultate wurden mit Cylindern aus Zinn- oder Bleischeiben erhalten; die Wirkungen waren der schlechten Leitung des Zinns und des Bleis angemessen (2655).

2662. Mit zertheiltem Eisen waren die Wirkungen genau umgekehrter Art. Es war nöthig Galvanometer und Apparat viel unempfindlicher zu nehmen; allein, nachdem dies geschehen war, zeigte die Anwendung eines soliden Eisenkerns und eines anderen, von gleicher Grösse oder gleichem Gewicht, aus Stücken von dünnem Draht gebildet (2659), dass die Zertheilung die Wirksamkeit nicht verringert hatte. Die vortrefflichen Experimental-Untersuchungen von *Dove* über die Inductions-Elektricität zeigen, dass dies der Fall sein muss*).

2663. Mithin ist bei den diamagnetischen Metallen das Resultat der Zertheilung ganz von der Art, um den Schluss zu bestätigen, dass die von ihnen erzeugten Wirkungen aus inducirten, in ihrer Masse circulirenden Strömen hervorgehen und nicht aus einer Polarität, die der im Eisen analog ist, nur entgegengesetzte Richtung hat.

2664. Drittens (2656) lässt sich in der Wirkung eines diamagnetischen Metalls, je nachdem sie aus einer wahren Polarität oder aus temporär inducirten Strömen entspringt, noch ein anderer und sehr wichtiger Unterschied experimentell nachweisen; und da in dieser Beziehung zwischen magnetischer und diamagnetischer Polarität keine Verschiedenheit stattfindet, so kann man die Betrachtung am besten beim Eisen anstellen.

2665. Wenn irgend ein Kern dem Magnet mit gleichförmiger Geschwindigkeit genähert und eben so von ihm entfernt wird,

*) *Taylor's* Scientific Mémoirs V. p. 129.

lässt sich seine Reise (*journey*) in vier Theile zerfällen: Hingang (*the to*), Stillstand (*the stop*), Rückgang (*the from*) und wieder Stillstand. Wenn der Eisenkern diese Reise macht, wird sein dem Magnet zugekehrtes Ende ein Pol, dessen Kraft wächst bis zum kleinsten Abstande, und verringert sich bis zum grössten Abstande. Diese beiden Effecte und das Vor- und Rückschreiten des Kerns erregen in der umgebenden Drahtrolle Ströme, in der einen Richtung, so wie der Kern vorrückt, und in der entgegengesetzten, so wie er zurückgeht. In Wirklichkeit bewegt sich jedoch das Eisen nicht mit constanter Geschwindigkeit, vielmehr wächst diese, vermöge der durch die rotirende Kurbel mitgetheilten Bewegung, (2643) auf dem Hingang allmählich aus dem Zustande der Ruhe bis zu einem in der Mitte des Weges liegenden Maximum und sinkt dann allmälig wieder nahe am Magnet zur Ruhe hinab; auf dem Rückgang durchläuft sie dieselben Veränderungen. Da nun die Maximum-Wirkung auf die umgebende Drahtrolle abhängig ist zugleich von der Geschwindigkeit und der Intensität der Magnetpole an dem Ende des Kerns, so ist klar, dass sie nicht zusammenfällt mit dem in der Mitte des Hin- und Herganges liegenden Maximum der Geschwindigkeit und auch nicht mit der grössten Magnetkraft des Kerns beim Stillstand nahe am Magnet, sondern dass sie irgendwo zwischen beiden stattfindet. Nichts destoweniger wird der Kern während der ganzen Zeit des Vorrückens einen Strom in der Drahtrolle erregen, und während des ganzen Rückganges einen anderen in entgegengesetzter Richtung.

2666. Wenn diamagnetische Körper unter dem Einfluss eines Magnets eine Polarität annehmen, so besteht der ganze Unterschied zwischen ihnen und dem Eisen nur darin, dass die gleichnamigen Pole ihre Lage verwechselt haben (2429. 2430); es findet bei ihnen dieselbe Wirkung statt wie beim Eisen, nur haben die erregten Ströme die umgekehrte Richtung gegen die, welche das Eisen hervorruft.

2667. Wenn daher in dem einen oder anderen Fall ein Commutator angebracht wird, um diese Ströme in einem steten (*consistent*) Strom durch das Galvanometer zu senden, so muss er die Umkehrung in den Momenten der beiden Stillstände (2665) vollziehen, und er wird es auch vollkommen bewirken können. Vollzieht dagegen der Commutator die Umkehrung zu den Zeiten des Maximums der Geschwindigkeit oder des Maximums der Intensität oder zu zwei anderen von diesem oder jenem

Stillstandspunkte gleich abständigen Zeiten, so werden die zwischen den beiden Umkehrungen aufgefangenen Theile der entgegengesetzten Ströme einander genau aufheben, und folglich wird kein Strom durch das Galvanometer gesendet.

2668. Nun ist die Wirkung des Eisens, der Erfahrung nach, von dieser Natur. Wenn unter verschiedenen Umständen des Commutators ein Eisendraht bloss in die Drahtrolle gesteckt oder aus derselben gezogen wird, sind die Resultate genau wie angegeben. Arbeitet die Maschine mit einem Eisenkern, und wechselt der Commutator an den Stillständen (2665), so ist der zu dem Galvanometer gesendete Strom ein Maximum. Wechselt dagegen der Commutator in den Momenten des Maximums der Geschwindigkeit oder in einem Paar Momenten, die von dem einen oder anderen Stillstand gleich weit entfernt sind, so ist der Strom ein Minimum oder Null.

2669. Zwei oder drei Vorsichtsmaassregeln sind nothwendig, um ein Resultat zu erlangen. Zunächst muss das Eisen weich sein und vorher nicht magnetisch. Dann hat man sich gegen folgenden Effect zu hüten. Wenn zu Anfang des Versuchs der Eisenkern vom Magnet entfernt ist, und man setzt nun die Maschine in Thätigkeit, so sieht man die Galvanometernadel sich auf einige Momente in der einen Richtung bewegen, und darauf, ungeachtet des fortgesetzten Spiels der Maschine, zurückkehren und allmälig ihre Stellung auf 0° wieder annehmen. Ist dagegen der Eisenkern, beim Beginn des Versuchs, in seinem kleinsten Abstande vom Magnet, so bewegt sich die Galvanometernadel in entgegengesetzter Richtung wie zuvor, kommt aber ebenfalls auf 0° zur Ruhe. Diese Erscheinungen rühren davon her, dass das Eisen, bei grossem Abstande von dem Magnet, in einem schwächeren, und beim kleinsten Abstande von ihm, in einem stärker magnetischen Zustande ist als in dem Mittelzustande, welchen es während der Fortdauer des Versuchs annimmt, und dass es, während des Auf- und Abschwankens um diesen Mittelzustand, zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung erzeugt, welche in den eben beschriebenen Versuchen sichtbar werden. Diese existiren nur in den ersten Momenten und bewirken am Galvanometer eine Schwingung, die allmählich verschwindet.

2670. Noch einer anderen Vorsicht muss ich erwähnen. Sobald der Commutator genau an den gegebenen Punkten des Laufes wechselt, wird bei jedem Wechsel ein kleiner Effect aufgesammelt, der die Nadel in der einen oder anderen Richtung

permanent ablenken kann. Die Zungen meines Commutators sind rechtwinklig auf der Richtung der Bewegung und etwas biegsam, wodurch sie ein wenig in die Strecken des Hin- und Hergangs der Reise schleifen; indem sie dieses thun, nähern sie sich, obwohl in geringem Grade, der Bedingung, welche für den Commutator die beste ist, um die Ströme zu sammeln (und nicht aufzuheben), und dadurch erscheint eine Ablenkung nach der Rechten oder Linken (2677). Nachdem ich diese Ursache entdeckt und die Zungen etwas steifer gemacht, um ihre Biegung zu verhindern, verschwand die Wirkung, und das Eisen war vollkommen unwirksam.

2671. So sind die Resultate bei einem Eisenkern, und so würden sie bei einem Kupfer- oder Wismuthkern sein, wenn diese vermöge einer diamagnetischen Polarität wirkten. Betrachten wir jetzt, was die Folgerungen sein würden, wenn ein Kupfer- oder Wismuthkern vermöge Ströme wirkte, die für einige Zeit in seiner bewegten Masse inducirt würden und von der (2642) vermutheten Natur wären. Bewegt sich der Kupfercylinder mit gleichförmiger Geschwindigkeit (2665), so würden, während der ganzen Zeit seiner Bewegung, Ströme parallel seinem Umfang vorhanden sein, und diese würden das Maximum ihrer Kraft dicht vor und dicht nach dem inneren Stillstand besitzen, denn dann befände sich das Kupfer an den intensivsten Punkten des magnetischen Feldes. Der wachsende Strom des Kupferkerns während der inneren Strecke seines Ganges würde in der Drahtrolle einen Strom in der einen Richtung erzeugen, während der Stillstand des Kupfers und die darauf folgende Abnahme des Stroms einen entgegengesetzten Strom in der Rolle hervorbrächte. Der erste Augenblick der Bewegung ausserhalb des Kerns würde in ihm einen Maximum-Strom von entgegengesetzter Richtung mit dem früheren hervorbringen und in der Drahtrolle einen Strom induciren, der gleiche Richtung mit dem letzten darin hätte; so wie der Kern weiter fortgeht, würde der Strom in ihm abnehmen, und sowohl dadurch als durch seinen endlichen Stillstand einen vierten Strom in der Drahtrolle erzeugen, der gleiche Richtung mit dem ersten hätte.

2672. Die vier in der kleinen Rolle erzeugten Ströme wechseln paarweise ab, d. h. die beim Sinken des ersten Stroms im Kern und die beim Steigen des zweiten und entgegengesetzten Stroms erregten, haben eine Richtung. Sie erfolgen vor und nach dem Stillstand des Magnets, d. h. von dem Moment

des Strommaximums (im Kern) vor, bis zum Moment des Strommaximums nach dem Stillstand; und wenn dieser Stillstand momentan ist, existiren sie nur während dieses Moments und müssen während dieser kurzen Zeit von dem Commutator aufgefangen werden. Diejenigen, welche in der Drahtrolle erzeugt werden, während der zweite Strom im Kerne abnimmt und bei Annäherung dieses Kerns an den Magnet ein dritter (mit dem ersten identischer) Strom entsteht, sind auch von gleicher Richtung, und dauern an vom Anfang des Rückzugs bis zum Ende des Vorrückens (oder vom Maximum zum Minimum) der Kernströme, d. h. während fast der ganzen Reise des Kerns, und diese sollten vom Commutator, bei seinen Umschlägen in den Momenten des Maximums, aufgenommen und zum Galvanometer gesandt werden.

2673. Der Kern bewegt sich indes nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, vielmehr wie er einerseits seine Richtung plötzlich ändert, erreicht er andererseits (2665) das Maximum seiner Geschwindigkeit in der Mitte seines Hin- und Hergangs vor dem Magnet. Daraus entspringt ein sehr wichtiger Vortheil. Denn sein Stillstand, kann man sagen, beginnt unmittelbar nach dem Eintreten der Maximum-Geschwindigkeit; und wenn dort die Linien der magnetischen Kraft in Lage und Stärke dem gleich wären, was sie näher am Magnet sind, würden die entgegengesetzten Ströme in der Drahtrolle an jenen Punkten des Weges beginnen; allein da der Kern in einen intensiveren Theil des magnetischen Feldes eintritt, nimmt der Strom noch zu, obgleich die Geschwindigkeit abnimmt, und die Folge davon ist, dass das Strommaximum weder an den Orten der grössten Geschwindigkeit, noch an denen der grössten Kraft eintritt, sondern an einem Punkte zwischen beiden. Dies gilt in Bezug sowohl auf das Vorschreiten, als auf das Rückschreiten des Kerns, und die beiden Maxima des Stroms erfolgen an Punkten, die von dem Ort der Ruhe nahe am Magnet gleich weit abstehen.

2674. Wenn also mittelst der Ströme, die durch den Einfluss der in dem Eisenkern inducirten Ströme, in der Drahtrolle erregt werden, der grösste Effect auf das Galvanometer hervorgebracht werden soll, so muss der Commutator so eingerichtet werden, dass er an diesen beiden Punkten umschlägt. Der Versuch rechtfertigt diesen Schluss vollkommen. Theilt man die Weglänge von dem äusseren Stillstand zum inneren, welche zwei Zoll beträgt (2643. 2644) in hundert Theile, und

wird der erregende Magnet als rechter Hand liegend angenommen, so wird ein Ausdruck von der Form 50 | 50 den Ort bezeichnen, wo der Commutator umschlagen muss; und das würde in diesem Beispiel in der Mitte des Hin- und Hergangs oder an den Punkten der grössten Schnelligkeit sein.

2675. Beim Versuche verschiedener Ajustirungen des Commutators habe ich gefunden, dass er, mit einem Kupferkern, die besten Resultate von 77 | 23 bis 88 | 12 giebt. Aus sämmtlichen Versuchen schliesse ich, dass wenn Stärke des Elektromagnets, kleinster Abstand des Kerns von demselben, Länge des ganzen Ganges und durchschnittliche Geschwindigkeit der Maschine die angegebene Grösse haben, 86 | 14 die Punkte bezeichnen, an denen die im Kern inducirten Ströme ihr Maximum erreichen, und wo also der Commutator umschlagen muss.

2676. Aus dem zuvor (2667) Gesagten wird erhellen, dass dies, sowohl der Theorie als der Erfahrung nach, die Punkte sind, in welchen die Wirkung jeglicher Polarität, der magnetischen oder diamagnetischen, durchaus Null sein würde. Dadurch vermag man dann mittelst dieser Maschine Metalle und andere Körper dem Versuch zu unterwerfen und die Wirkungen der magnetischen Polarität und der Induction von einander zu sondern, denn dies kann entweder durch den Commutator oder durch die Richtung der Polarität geschehen; auch können sie in verschiedener Weise combinirt werden, um ihre getrennte und vereinte Wirkung zu erläutern.

2677. Gesetzt es stellen in Fig. 11 die Pfeile den Hin- und Hergang vor und die Durchschnitte der Linien *a*, *b*, oder *c*, *d* u. s. w. die Punkte des Ganges, wo der Commutator auswechselt, (in welchem Fall *c*, *d* mit 50 | 50 und *ef* mit 86 | 14 übereinkommt), so wird *a*, *b* die Bedingung des Commutators für den Maximum-Effect von Eisen oder irgend einem anderen polaren Körper entsprechen. Wird die Linie *ab* langsam gedreht, bis sie *cd* parallel kommt, so wird sie in jeder Lage Punkte des Commutator-Wechsels anzeigen, welche am Galvanometer den Eisen-Effect durch eine Ablenkung stets in einerlei

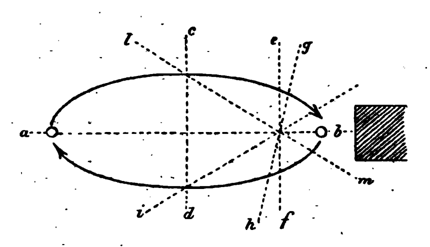


Fig. 11.

Richtung geben. Nur wenn die Enden *a* und *b* die Punkte *c* und *d*, entweder oben oder unten, überschritten haben, wird die Richtung der Ablenkung beim Eisen sich ändern. Allein die Linie *a*, *b* zeigt diejenigen Punkte für den Commutator an, bei welchen durch eine Induction von Strömen in der Masse des Kerns keine Wirkung auf das Galvanometer hervorgebracht wird. Neigt die Linie in einer Richtung, wie *ik*, so werden diese Ströme eine Ablenkung des Galvanometers nach der einen Seite bewirken; neigt sie nach der anderen Seite, wie *lm*, so wird die Ablenkung die entgegengesetzte sein. Deshalb können die Wirkungen dieser inducirten Ströme mit denen einer Polarität, der magnetischen oder diamagnetischen, combinirt oder in Gegensatz gestellt werden.

2678. Alle zuvor (2655) erwähnten Metalle, namentlich Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Platin, Antimon und Wismuth wurden, unter der besten Ajustirung des Commutators (2675), der Kraft des Magnets unterworfen. Die Wirkungen stärker als zuvor, waren ein Maximum, aber von gleicher Ordnung. Was Antimon und Wismuth betrifft, so waren sie sehr gering und betrugen nicht mehr als einen halben Grad; wahrscheinlich entsprangen sie aus einem Rückstande von unregelmässiger Wirkung in einigen Theilen des Apparats. Alle Versuche mit zertheilten Kernen (2658 etc.) wurden wiederholt und mit demselben Erfolg wie zuvor. Phosphor, Schwefel und Gutta-percha gaben, weder bei diesem noch bei dem früheren Zustande des Commutators, irgend eine Anzeige von Wirkung auf das Galvanometer.

2679. Um die Weise, in welcher diese Einstellung des Commutators die Trennung der Effecte des Kupfers und Eisens bewirkt, zu erläutern, bereitete ich einen Kupfercylinder von 2 Zoll Länge mit einem Eisendraht in seiner Axe; dieser, in dem Apparat angewandt, gab den reinen Effect des Kupfers mit seinen inducirten Strömen. Allein als Ganzes war dieser Kern stark magnetisch gegen eine gewöhnliche Magnetnadel; und wenn die beiden Auswechslungen des Commutators nicht gleichen Abstand von dem einen oder anderen Ruhepunkt (2670. 2677) hatten, trat der Eisen-Effect kräftig hervor, überwältigte den früheren und bewirkte eine starke Ablenkung der Nadel im entgegengesetzten Sinn. Der von mir angewandte Platinkern war ein unvollkommener Cylinder von 2 Zoll Länge und 0,62 Zoll Dicke. Zwischen den Polen eines hufeisenförmigen Elektromagnets (2381) richtete er sich magnetisch, machte

eine Schwingung in weniger als einer Sekunde; allein bei der obigen Einstellung des Commutators (2675) gab er 4° Ablenkung, herrührend von inducirten Strömen, da der magnetische Effect vernichtet oder ausgemerzt war.

2680. Zur Bestätigung der früheren Schlüsse (2677) wurden auch einige combinirte Effecte durch schiefe Einstellung der Commutatorpunkte hervorgebracht. Wenn der Commutator so eingestellt wurde, dass jegliche Polarkraft, welche das Wismuth als diamagnetischer Körper besitzen möchte, combinirt war mit jeglichem Leitungsvermögen, welche die Bildung von Inductionsströmen in seiner Masse verstatten würde (2676), so waren die Effecte so klein und unsicher, dass ich genöthigt bin zu sagen: es ist experimentell ohne polare oder inductive Wirkung.

2681. Es lässt sich noch eine andere Unterscheidung aufstellen zwischen den Wirkungen einer wahren, andauernden Polarität, sei es eine magnetische oder diamagnetische, und denen eines vorübergehenden, von der Zeit abhängigen Inductionsstroms. Betrachten wir den Widerstand der Drahtleitung, welche die kleine Rolle und das Galvanometergewinde einschliesst, als Null, so wird ein Magnetpol von constanter Stärke, der bis zu einer gewissen Tiefe in die kleine Drahtrolle geschoben wird, einen gleich grossen Elektricitätsstrom hervorbringen, er mag schnell oder langsam hineingeschoben werden. Wird ein Eisenkern angewandt (2668), so ist das erzeugte Resultat dasselbe, sobald nur bei jeder abwechselnden Wirkung der Kern lange genug an den Enden seiner Wanderung gelassen wird, um beim langsamen oder beim schnellen Wechsel denselben Zustand anzunehmen. Dieses fand ich wirklich so, wenn kein Commutator oder Elektromagnet angewandt wurde. Ein einmaliges Hineinschieben eines schwachen Magnetpols gab dieselbe Ablenkung, es mochte schnell oder langsam geschehen. Und wenn der Elektromagnet mit rückständiger Kraft (*the residual dominant magnet*), ein Eisendraht-Kern, und der Commutator in seiner Lage *ab* (2677) angewandt ward, gaben vier Hin- und Hergänge dieselbe Wirkung am Galvanometer, die Geschwindigkeiten mochten wie 1 : 5 oder selbst wie 1 : 10 sein.

2682. Wird statt des Eisens ein Kern von Kupfer, Silber oder Gold angewandt, so ist die Wirkung ganz anders. Was den Kern selbst betrifft, so hat man keinen Grund zu zweifeln, dass durch einen Hin- und Hergang derselbe Betrag von Elektricität in Form von in ihm circulirenden Inductionsströmen

erregt werde, dieser Gang möge schnell oder langsam bewerkstelligt werden. Der obige Versuch (2681) bestätigt in der That einen solchen Schluss. Allein die auf die Drahtrolle ausgeübte Wirkung ist nicht proportional dem ganzen Betrage dieser Ströme, sondern den Maximum-Intensitäten, zu welchen sie sich erheben. Bewegt der Kern sich langsam, so ist die Intensität klein; bewegt er sich rasch, so ist sie gross, und zwar nothwendig, denn ein- und derselbe Elektricitäts-Strom hat in den beiden verschiedenen Perioden der von der ganzen Reise eingenommenen Zeit zu circuliren. Darnach muss der schnell bewegte Kern einen weit höheren Effect auf die kleine Drahtrolle ausüben als der langsam bewegte; und dies fand ich auch wirklich so.

2683. Ich versah den Apparat mit dem kurzen Kupferkern und liess die Maschinie mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit arbeiten bis vierzig Hin- und Hergänge vollendet waren. Die Galvanometernadel wich 39° westlich ab. Dann liess ich die Maschine mit grösserer Schnelligkeit ebenfalls 40 Hin- und Hergänge vollziehen; die Nadel wich um 80° oder mehr nach Westen; endlich vollzog sie dieselbe Zahl von Gängen mit geringerer Geschwindigkeit, und die Nadel ging nur 21° nach Westen. Die äussersten Geschwindigkeiten bei diesem Versuch verhielten sich wahrscheinlich wie 1 : 6; die Zeit in dem längsten Fall war bedeutend kürzer als die einer Schwingung der Nadel (2651), so dass, glaube ich, in dem langsamsten Falle alle Kraft gesammelt war. Die Nadel wird, vermöge der tötenden Wirkung der unter ihr befindlichen Kupferplatte, sehr wenig durch den Schwung oder das Moment ihrer Theile afficirt, und, mit Ausnahme der Rückkehr zum Nullpunkt, bewegt sie sich nach aufhörender Bewegung des Apparats sehr wenig. Ein Silberkern giebt dieselben Resultate.

2684. Diese Effecte inducirter Ströme haben eine Beziehung zu den früher (2310. 2315. 2338) von mir beschriebenen Dämpfungs-Erscheinungen, indem sie in ihrer erregenden Ursache und ihren Wirkungsprincipien gleich sind, und so bestätigen und erläutern beide Reihen von Erscheinungen einander. Dass die Dämpfungs-Phänomene durch Inductionsströme hervorgebracht werden, ist früher (2327. 2329. 2336. 2339) gezeigt worden; der einzige Unterschied ist der, dass bei ihnen die Inductionsströme erzeugt werden durch die Verstärkung der Kraft eines Magnets, der im festen Abstande von dem afficirten Metall befindlich ist; während bei den vorliegenden Phänomenen,

die Kraft des Magnets unverändert bleibt, und nur sein Abstand von dem Metallstück verändert wird.

2685. Dieselben Umstände, welche die Dämpfungs-Phänomene afficiren, thun es auch bei den vorliegenden Erscheinungen. Eine Metallplatte, als Ganzes, erleidet eine gute Dämpfungs-Wirkung, wird sie aber quer gegen den Lauf der Inductionsströme eingeschnitten (*divided*), so wird sie nicht afficirt (2529). Ein Ringgewinde (*ring helix*) von Kupferdraht zeigt die Erscheinung nicht, wenn seine Enden unverbunden sind, wohl aber, wenn sie verknüpft sind (2660).

2686. Im Ganzen sind die Dämpfungs-Phänomene ein weit besseres Prüf- und Anzeigemittel für diese Ströme als die vorliegenden Erscheinungen, besonders wenn man den Vortheil der Zertheilung der Massen in Platten benutzt, um so eine analoge oder bessere Wirkung als mit den cylindrischen Kernen aus Scheiben (2659. 2661) zu erhalten. Platin, Palladium oder Blei, in Blattform, zu Quadraten von einem Zoll in Seite zerschnitten und dann regelmässig zusammengepackt, zeigt die Dämpfungs-Erscheinungen sehr gut, und zwar gemäss der Richtung der Blätter, nicht nach der äusseren Gestalt. Gold, Silber, Zinn und Kupfer zeigen die Dämpfungs-Erscheinungen in höherem Grade. Antimon, wie ich bereits nachgewiesen, giebt eine gute Wirkung (2514. 2519). Bei diesem und beim Wismuth lassen sich die erregten Inductionsströme nachweisen, wenn man sie als dünne Platten oder Packete von Platten anwendet, obwohl, um den Einfluss der diamagnetischen Kraft zu vermeiden, etwas Aufmerksamkeit erforderlich ist auf die Momente der Herstellung und Unterbrechung des Contacts zwischen der *Volta*schen Batterie und dem Elektromagnet.

2687. Beim Kupfer, wenn es so in Platten zertheilt ist, sind die Revulsions-Erscheinungen in einem Grade gesteigert, wie ich es bis dahin noch nicht gesehen. Ein Stück Kupferfolie, durch Erhitzung angelassen und angelaufen, wurde zu einem quadratischen Klötzchen von 0,5 Zoll in Seite und 0,25 Zoll Dicke zusammengefalzt; dies Klötzchen, welches 72 Lagen enthielt, wurde wie früher (2248) an einem Seidenfaden aufgehängt, und, während es etwa einen Winkel von 30° mit der Aequatoriallinie (2252) bildete, der Elektromagnet erregt; sogleich drehte es sich weiter, bis der Winkel etwa 45° oder 50° war; dann stand es still. Bei Unterbrechung des elektrischen Stromes an dem Magnet trat die Dämpfung sehr stark hervor, indem der Klotz sich wieder drehte, durch die

Aequatoriallinie ging und dieselbe überschritt, bis er auf der anderen Seite einen Winkel von 50° oder 60° bildete; allein, statt fortzufahren, in dieser Richtung sich zu drehen wie früher (2315), kehrte er zurück, ging wieder durch die Aequatoriallinie und erreichte fast die Axialstellung, ehe er still stand. In der That schwang er als Masse hin und her um die Aequatoriallinie.

2688. Dies ist jedoch ein einfaches Resultat der früher (2329.. 2336) entwickelten Wirkungsprincipien. Die Dämpfung entspringt aus der Erregung von Inductionsströmen in der aufgehängten Masse während der Abnahme des Magnetismus im Elektromagnet, und die Wirkung geht dahin, die Axe dieser inducirten Ströme parallel zu stellen der Axe der Kraft in dem magnetischen Felde. Wenn also die Zeit der Abnahme der Magnetkraft und folglich der von ihr abhängigen Ströme grösser ist als die Zeit, welche die Dämpfung des Kupferklötzchens von der Aequatoriallinie aus einnimmt, so wird jede fernere aus dem Moment erfolgende Bewegung durch eine Gegenkraft gehemmt, und wenn diese Kraft stark genug ist, kehrt der Klotz zurück. Das Leitvermögen des Kupfers und seine Zertheilung zu Blättern strebt diese Ströme mit grosser Leichtigkeit und ungewöhnlicher Kraft hervorzurufen; und eben diese Kraft macht die Schwingungszeit so kurz, dass zwei oder selbst drei Schwingungen ausgeführt werden können, ehe die Kraft des Elektromagnets aufgehört hat weiter abzunehmen. Die Wirkung der Zeit, sowohl bei Zu- als bei Abnahme der Kraft, ist schon früher mehrmals (2170. 2650) bemerklich gemacht, und hier ist sie sehr schön zu sehen.

2689. Was die angebliche Polarität des Wismuths betrifft, so kann und muss ich auf einen von *Reich* angestellten und von *Weber* beschriebenen Versuch zurückkommen, welcher, wenn ich ihn recht verstehe, folgender ist. Ein starker Hufeisenmagnet ist auf einen Tisch gelegt in solcher Lage, dass die seine Pole verbindende Linie winkelrecht auf dem magnetischen Meridian ist und als nach einer Seite hin verlängert gedacht wird. In dieser Linie und dem Magnet nahe wird eine kleine kräftige Magnetnadel an einem Seidenfaden aufgehängt, und an der anderen Seite von ihr der Pol eines Magnetstabes angebracht, in solcher Lage und so nahe, dass er die Wirkung des Hufeisenmagnets genau aufhebt und die Nadel

genau dahin bringt, wo sie bei Anwesenheit beider Magnete sein würde. Wenn dann eine Wismuthmasse zwischen die Pole des Hufeisenmagnets gelegt wird, soll sie auf die kleine Magnetnadel wirken und sie nach einer gewissen Richtung ablenken; und dies wird als Anzeige einer Polarität des Wismuths angesehen, da keine solche Wirkung statthat, wenn die Magnete entfernt sind. Ein kleines Stück Eisen, an der Stelle des Wismuths, bewirkt eine entgegengesetzte Ablenkung der Nadel.

2690. Ich habe diesen Versuch aufs Aengstlichste und Sorgfältigste wiederholt, aber niemals die geringste Spur einer Wirkung mit dem Wismuth erhalten. Mit dem Eisen habe ich zwar eine Wirkung bekommen, allein in diesen Fällen war sie weit schwächer als wenn das Eisen ausserhalb zwischen dem Hufeisen und der Nadel angebracht war oder, bei gänzlicher Entfernung der Magnete, allein auf die Nadel wirkte. Bei Anwendung eines Granats oder sonst irgend einer schwach magnetischen Substanz konnte ich durchaus nicht finden, dass diese Vorrichtung, was Schnelligkeit oder Empfindlichkeit der Angabe betrifft, vergleichbar sei mit dem Gebrauch einer gewöhnlichen oder einer astatischen Nadel, und deshalb kann ich nicht begreifen, wie sie zu einem Reagenz auf Polarität des Wismuths werden könne, wenn letztere dieselbe nicht mehr anzeigen. Vielleicht habe ich einen Irrthum begangen, wie wohl ich einen solchen weder aus der Beschreibung noch aus den Principien der Polarwirkung erkennen kann.

2691. Es giebt einen Versuch, welchen *Plücker* mir zugeschrieben hat, und welcher auf den ersten Blick eine starke Anzeige von Polarität des Wismuths zu liefern scheint. Wenn ein Stab von Wismuth oder Phosphor horizontal zwischen den Polen eines Elektromagnets aufgehängt wird, so geht er mit einer gewissen Kraft zu der Aequatorial-Lage, begiebt sich also, wie ich gesagt habe, aus stärkeren zu schwächeren Wirkungsorten (2267). Wird etwas unter der Ebene, in welcher der diamagnetische Stab sich bewegt, ein Eisenstab von gleicher Grösse in der äquatorialen Lage befestigt, so wird ersterer mit weit grösserer Kraft als zuvor in die äquatoriale Lage gehen; man betrachtet dies als einen Beweis, dass der diamagnetische Körper an der Seite, wo das Eisen nordpolar ist, Südpolarität habe, und dass an der anderen Seite die Südpolarität des Eisens mit einer Nordpolarität des Wismuths zusammenfalle.

2692. Es ist jedoch sehr einleuchtend, dass die Linien

der Magnetkraft durch die Gegenwart des Eisens genugsam in ihrer Intensität und Richtung (*Intensity of direction*) abgeändert werden, um die erhöhte Wirkung vollständig zu erklären. Denn betrachten wir den Stab, wie er eben diese axiale Lage verlässt, um in die äquatoriale überzugehen: Im Moment seines Ausganges befinden sich seine Enden an Orten stärkerer Magnetkraft als zuvor, denn es kann nicht einen Augenblick bezweifelt werden, dass der Eisenstab mehr Kraft von Pol zu Pol des Elektromagnets hervorruft als ohne ihn vorhanden ist. Andererseits sind die Enden, wenn er die äquatoriale Lage erreicht hat, einer viel schwächeren Magnetkraft unterworfen als zuvor an denselben Orten; denn der Eisenstab lenkt auf sich viel von der Kraft herab, welche, bei seiner Abwesenheit, in der vom Wismuth eingenommenen Ebene vorhanden wäre. Wenn also der diamagnetische Stab durch 90° geht, wird er von einer weit grösseren Intensitätsdifferenz der Kraft angetrieben, wenn das Eisen da ist, als wenn es fehlt, und daraus entspringt wahrscheinlich die ganze Verstärkung des Resultats. Die Wirkung ist ähnlich vielen anderen, welche ich bei der magnekrystallischen Wirkung erwähnt habe (2487—2497) und liefert, wie ich glaube, durchaus keinen experimentellen Beweis für die Polarität des Wismuths.

2693. Endlich bin ich genöthigt zu sagen, dass ich weder in meinen eigenen Versuchen, noch in der Wiederholung derer von *Weber*, *Reich* und Anderen, irgend einen experimentellen Beweis zur Stütze der Hypothese von einer diamagnetischen Polarität finden kann (2640). Ich sage nicht, dass eine solche Polarität nicht existire; und ich würde es für möglich halten, dass *Weber* durch weit empfindlichere Apparate als die meinigen eine Spur von ihr erhalten habe, wenn er nicht dann auch sicher die weit kräftigeren Wirkungen des Goldes, Kupfers, Silbers und anderer gut leitender diamagnetischer Körper bemerkt haben würde. Wenn Wismuth irgend eine Wirkung gäbe, so müsste sie sich durch die Lage des Commutators, durch Zertheilung oder Pulverung der Masse, durch den Einfluss der Zeit u. s. w. zu erkennen geben. Es scheint mir auch, dass wie die magnetische Polarität des Eisens und Nickels, in sehr geringer Quantität und unter ungünstigen Zuständen, weit leichter durch den Effect auf eine astatische Nadel oder durch die Einstellung zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets als durch Vorrichtungen, wie die von mir oder *Weber* oder *Reich* benutzten, angezeigt wird, ebenso die magnetische Polarität auf

demselben Wege leichter erkennbar sein müsste, und dass keine Anzeige von jener Polarität bis jetzt diejenigen in Kraft und Werth erreicht habe, welche schon von *Brugmans* und mir gegeben worden sind.

2694. So bleiben dann die Wirkungen, deren Typen das Eisen, das Kupfer und das Wismuth sind, bis jetzt gesondert, und ihre Beziehungen zu einander nur theilweis uns bekannt. Ohne Zweifel wird ein umfassenderes und einfacheres Gesetz als uns bis jetzt bekannt ist, noch künftig entdeckt werden, und gerade die Schönheit der *Weber*'schen Hypothese in dieser Beziehung war es, was mich hauptsächlich zu dem Bemühen veranlasste, sie zu prüfen.

2695. Obschon ich, nach den obigen Betrachtungen (2693), wenig Hoffnung auf irgend ein positives Resultat hegte, so hielt ich doch für gut, gewisse magnekrystallische Kerne der Wirkung des Apparats zu unterwerfen. Einer dieser Kerne bestand aus einer grossen Gruppe symmetrisch gelagerter Wismuthkrystalle (2457), ein anderer aus einem sehr grossen Krystall von rothem Cyaneisenkalium, ein dritter aus einem Krystall von Kalkspath, ein vierter und fünfter aus Krystallen von Eisenvitriol. Diese wurden zu Cylindern geformt, deren Axen parallel waren beim ersten und vierten: den magnekrystallischen Axen (2479), und beim zweiten, dritten und fünften: der äquatorialen Richtung der Kraft (2594. 2595. 2596). Nur der vierte und fünfte gab eine Wirkung auf das Galvanometer, und diese war der des gewöhnlichen Magnetismus gleich.

2696. Einige der von mir gebrauchten Ausdrücke könnten die Meinung veranlassen, dass ich glaubte, es würden bei Anwendung von kupfernen und anderen Kernen zuerst durch den Elektromagnet Ströme in ihnen inducirt, die dann die in der kleinen Drahtrolle beobachteten Ströme inducirten. Ob die Kerne direct auf die Drahtrolle oder indirect durch ihren Einfluss auf den Elektromagnet wirken, ist eine sehr interessante Frage, und ich habe es schwierig gefunden, Ausdrücke zu wählen, welche nicht in gewissem Grade dieser Frage vorgegriffen hätten. Mir scheint es wahrscheinlich, dass die Kerne indirect auf die Drahtrolle wirken, und dass ihre unmittelbare Wirkung ganz auf den erregenden Elektromagnet gerichtet ist, wodurch sie, sie mögen aus magnetischen oder diamagnetischen Metallen bestehen, entweder permanent oder vorübergehend an Kraft zunehmen, die für diese Zeit auf jenen gerichtet ist.

Bevor der Kern sich bewegt, um sich dem Magnet zu nähern, sind Magnet und Drahtrolle in inniger Beziehung, und die letztere befindet sich in dem intensiven Feld der Magnetkraft, welche dem Pol des ersteren angehört. Ist der Kern von Eisen, so veranlasst er, bei seiner Annäherung an den Magnet, eine stärkere Convergenz und Concentration der magnetischen Kraftlinien auf sich selbst, und diese, so concentrirt, gehen durch die Drahtrolle, quer gegen deren Windungen, und vermögen somit in diesen die erhaltenen Ströme zu erzeugen (2653. 2668). So wie das Eisen zurückweicht, divergiren diese Kraftlinien, und indem sie die Drahtlinie in der Rolle (*the line of the wire in the helix*) abermals und in entgegengesetzter Richtung zu ihrem früheren Laufe schneiden, erregen sie einen entgegengesetzten Strom. Es scheint bei Betrachtung der Thätigkeit des Eisenkerns nicht nothwendig, eine directe Wirkung auf die Drahtrolle oder eine andere Wirkung als die auf die Kraftlinien des Magnets anzunehmen. In solchem Falle würde die Wirkung auf die Drahtrolle eine indirecte sein.

2697. Nach demselben Räsonnement würde auch ein Kupferkern, wenn er in die Drahtrolle eintritt, nur indirect auf diese wirken. Denn die in ihm erregten Ströme werden durch den directen Einfluss des Magnets hervorgerufen und müssen äquivalent auf diesen zurückwirken. Dies thun sie, und vermöge ihrer Richtung und bekannten Wirkung erfolgt eine. Divergenz der magnetischen Kraftlinien. So wie der Kern die Schnelligkeit seiner Bewegung verringert oder zur Ruhe kommt, hören die Ströme in ihm auf, und dann convergiren die Kraftlinien. Diese Divergenz oder Convergenz oder der Durchgang in zwei Richtungen durch den Draht der kleinen Rolle ist hinreichend zur Erregung der beiden Ströme, welche beim Vorrücken des Kerns gegen den Elektromagnet erhalten werden (2671. 2673). Beim Rückgange des Kerns wird ein entsprechender Effect in entgegengesetzter Richtung erzeugt.

2698. In der Idee, dass die Wirkungen des Kerns nicht dieser Art, sondern directer auf die Drahtrolle gerichtet seien, schaltete ich während des Versuchs zwischen Draht und Rolle verschiedene Substanzen ein, zunächst einen dicken Kupfercylinder 2,2 Zoll lang, 0″,7 von äusserem und 0″,1 von innerem Durchmesser, also von 0″,3 Wanddicke. Mit Anwendung eines Eisenkerns (2668) war indess die Wirkung, wie auch der Versuch geleitet ward, der Art und dem Betrage nach dieselbe wie wenn das Kupfer fortgenommen oder durch Glas oder Luft

ersetzt war. Wurde der Elektromagnet entfernt und die Drahtrolle (*wirecore*) zu einem Magnet gemacht, ergaben sich dieselben Resultate.

2699. Nun brachte ich eine andere Kupferhülle, einen Cylinder von 2″,5 Länge, 1″,0 äusserem Durchmesser und 0″,125 Zoll Wanddicke, in die Drahtrolle und wandte Silber- und Kupferkerne von ⅜ Zoll Dicke, wie zuvor, bei bester Einstellung des Commutators an (2675). Allein die Wirkungen waren mit und ohne Kupfer, mit und ohne Glas, genau dieselben (2698).

2700. Keinem Zweifel unterliegt es, dass die Kupferhüllen während des Versuchs voller Ströme waren, und dagegen in den sie ersetzenden Hüllen von Luft und Glas keine Ströme existirten. Man hat auch allen Grund zu der Annahme, dass die oben (2697) vermuthete Divergenz und Convergenz der Magnetkraftlinien, bei Voraussetzung einer indirecten Wirkung der Kerne, dergleichen Ströme genügend erklären. Wollte man diese Voraussetzung verwerfen, dann scheint mir, müsste man annehmen, die Gesammtheit der anwesenden Körper, Magnet, Drahtrolle, Kern, Kupferhülle oder die sie ersetzende Hülle von Glas oder Luft, seien in einem Zustand von Spannung, wobei ein jeder Theil auf jeden übrigen wirkt und dasjenige darstelle, was ich früher (1729) elektrotonischen Zustand nannte.

2701. Das Vorrücken des Kupfers macht die Magnetkraftlinien divergiren oder treibt sie gleichsam vor sich hin (2697). Ohne Zweifel findet eine Reaction auf das vorrückende Kupfer und eine Erzeugung von Strömen in demselben statt, in solcher Richtung, dass sie, bei weiterem Vorrücken, die Divergenz fortsetzen können. Allein es scheint nicht logisch zu sagen, dass die Ströme, welche durch die Kraftlinien im Kupfer entstehen, die Ursache der Divergenz der Kraftlinien seien. Vielmehr scheint mir, dass die Kraftlinien durch das vorrückende Kupfer (oder, bei anderer Form des Versuchs, durch den quer gegen die Kraftlinien bewegten geschlossenen Draht) gleichsam divergent gemacht oder auswärts gebogen werden, und dass die Reaction der Kraftlinien auf die Kräfte in den Kupfertheilchen diese veranlassen, sich in einen Strom aufzulösen, durch welchen der Widerstand entladen (*discharged*) und entfernt wird, und die Kraftlinie an ihren Ort zurückkehrt. Ich verbinde mit dem Worte Kraftlinie keine andere Meinung, als ich bei einer früheren Gelegenheit ausgesprochen habe (2149).

Anmerkungen.

1) *Zu S. 3.* Die vorliegenden Reihen der Experimental-Untersuchungen XX bis XXIII, enthalten die grosse Entdeckung des Diamagnetismus sammt der Magnekrystallkraft. Weil alle Substanzen eine Beziehung zum Magnetismus haben, so war der Untersuchungsstoff überaus gross. Auch die Apparate sind von hohem Interesse, und bis in die neueste Zeit erkennt man eine Anlehnung an *Faraday*'s erste Entwürfe. Nachdem erst am 6. Nov. 1845 die nicht minder grosse Entdeckung der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch Magnetismus der Royal Society mitgetheilt war (Reihe XIX), folgte schon am 6. Dec. 1845 die Erscheinung des Diamagnetismus, wie sie in der XX. Reihe mitgetheilt wurde. Und schon am 24. Dec. desselben Jahres folgte die XXI. Reihe, in welcher die Erscheinung als allen Formarten zukommend, erkannt wurde. In allen Substanzen erweckt Magnetismus Kräfte, der Unterschied zwischen paramagnetischen und diamagnetischen Körpern wird erkannt und dargelegt, auch eine magnetisch-diamagnetische Ordnung aufgestellt. — Wir bringen mit einigen Aenderungen die Uebersetzung von *Poggendorff* und haben meist auch die historischen Rückblicke, die er hinzufügt [*P.*] aufgenommen. Wir bringen ferner zwei Zusätze, die sich nicht in den »Experimental-Untersuchungen« befinden, die aber aufs engste an die Reihen XX und XXI sich anschliessen. Von besonderem Interesse ist im zweiten Zusatz die Versuchsreihe über diamagnetisches Verhalten von Gasen und Flammen. Diese Arbeit ist offenbar von *Faraday* nicht in seine Reihen aufgenommen worden, weil sie sich auf Entdeckungen anderer Forscher, *Bancalari* und *Zandeteschi*, beziehen. Schon in der XX. Reihe werden die »gedämpften Schwingungen« entdeckt und in der Folge richtig gedeutet.

2) *Zu S. 96.* Fast drei Jahre liegen zwischen den vorigen und dieser XXII. Reihe, die erst am 4. October 1848 der Royal Society überreicht wurde. Sie enthält ausführliche Untersuchungen über die Krystallpolarität und bringt Ergänzungen und theoretische Betrachtungen über die »Dämpfung«.

3) *Zu S. 149.* Auch diese XXIII. Reihe, am 1. Januar 1850 der Royal Society vorgelegt, schliesst sich eng an die drei vorhergehenden an. Bemerkenswerth ist hier der diamagnetische Apparat, dessen Typus von späteren Forschern angenommen worden ist. Zum Schluss wird wiederum die Dämpfung sorgfältig besprochen.

Inhalt.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

DATE DUE

Nr. 80. **H. Helmholtz,** Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. (1859.) Herausgegeben von A. Wangerin. (132 S.) ℳ 2.—.

» 81. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. I. u. II. Reihe. (1832.) Mit 41 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (96 S.) ℳ 1.50.

» 86. —— —— III. bis V. Reihe. (1833.) Mit 15 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (104 S.) ℳ 1.60.

» 87. —— —— VI. bis VIII. Reihe. (1834.) Mit 48 Figuren im Text Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (180 S.) ℳ 2.60.

» 93. **Leonhard Euler,** Drei Abhandlungen üb. Kartenprojection. (1777.) Herausg. von A. Wangerin. Mit 9 Fig. im Text. (78 S.) ℳ 1.20.

» 96. **Sir Isaac Newton's** Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts. (1704.) Übersetzt und herausgegeben von William Abendroth. I. Buch. Mit dem Bildniss von Sir Isaac Newton u. 46 Fig. im Text. (132 S.) ℳ 2.40.

» 97. —— —— II. u. III. Buch. Mit 12 Fig. im Text. (156 S.) ℳ 2.40.

» 99. **R. Clausius,** Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. (1850.) Herausgegeben von Max Planck. Mit 4 Figuren im Text. (55 S.) ℳ —.80.

» 100. **G. Kirchhoff,** Abhandlungen über Emission und Absorption: 1. Über die Fraunhofer'schen Linien. (1859.) — 2. Über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme. (1859.) — 3. Über das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Licht und Wärme. (1860—1862.) Herausgegeben von Max Planck. Mit dem Bildniss von G. Kirchhoff u. 5 Textfig. (41 S.) ℳ 1.—.

» 101. —— —— Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie: 1. Über einen Satz der mechanischen Wärmetheorie u. einige Anwendungen desselben. (1858.) — 2. Bemerkung über die Spannung des Wasserdampfes bei Temperaturen, die dem Eispunkte nahe sind. (1858.) — 3. Über die Spannung des Dampfes von Mischungen aus Wasser und Schwefelsäure. Herausgegeben von Max Planck (48 S.) ℳ —.75.

» 102. **James Clerk Maxwell,** Über physikalische Kraftlinien. Herausgegeben von L. Boltzmann. Mit 12 Textfig. (147 S.) ℳ 2.40.

» 106. **D'Alembert,** Abhandlung über Dynamik, in welcher die Gesetze des Gleichgewichtes und der Bewegung der Körper auf die kleinstmögliche Zahl zurückgeführt und in neuer Weise abgeleitet werden, und in der ein allgemeines Princip zur Auffindung der Bewegung mehrerer Körper, die in beliebiger Weise aufeinander wirken, gegeben wird (1743). Übersetzt und herausgegeben von Arthur Korn. Mit 4 Tafeln. (210 S.) ℳ 3.60.

» 109. **Riccardo Felici,** Über die mathematische Theorie der electrodynamischen Induction. Übersetzt v. B. Dessau. Herausg. von E. Wiedemann. (121 S.) ℳ 1.80.

» 114. **Alessandro Volta,** Briefe über thierische Elektricität. (1792.) Herausg. v. A. J. von Oettingen. (162 S.) ℳ 2.50.

» 115. **Horace Bénédicte de Saussure,** Versuch über die Hygrometrie. I. Heft. (1783.) Mit einer Tafel und Vignette. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (168 S.) ℳ 2.60.

» 118. **Alessandro Volta,** Untersuchungen über den Galvanismus. (1796 bis 1800.) Herausg. von A. J. von Oettingen. (99 S.) ℳ 1.60.

Nr. 119. **Horace Bénédicte de Saussure,** Versuch über die Hygrometrie. II. Heft. (1783.) Mit zwei Figuren. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (170 S.) ℳ 2.40.

» 125. **John Mayow,** Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Athmen. Herausgegeben von F. G. Donnan. (56 S.) ℳ 1.—.

» 126. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1835.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen IX. b. XI. Reihe. Mit 15 Figuren i. Text. (104 S.) ℳ 1.8

» 128. —— —— Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1838.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. XII. und XIII. Reihe. Mit 29 Figuren im Text. (133 S.) ℳ 2.—.

» 131. —— —— Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1838.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. XIV. und XV. Reihe. Mit 2 Figuren im Text. (48 S.) ℳ —.80.

» 132. **Thomas Andrews,** Über die Continuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie und über den gasförmigen Zustand der Materie. On the Continuity of the Gaseous and Liquid States of Matter. Philosophical Transactions of R. S. of London, Vol. 159, 1869, p. p. 575—589 and on the Gaseous State of Matter Vol. 166, 1876, p. p. 421—449. Herausgegeben von Arthur von Oettingen und Kenji Tsuruta aus Japan. Mit 12 Figuren im Text und in den Anmerkungen. (82 S.) ℳ 1.40.

» 133. **J. H. Lambert,** Abhandlungen zur Bahnbestimmung der Cometen. Insigniores orbitae Cometarum proprietates (1761). Observations sur l'Orbite apparente des Comètes (1771.) Auszüge aus den »Beiträgen zum Gebrauche der Mathematik« (1772). Deutsch herausg. und mit Anmerkungen versehen von J. Bauschinger. Mit 35 Figuren im Text. (149 S.) ℳ 3.40.

» 134. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1840.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. XVI. und XVII. Reihe. Mit 18 Fig. im Text. (103 S.) ℳ 1.60.

» 135. **C. F. Gauss,** Allgemeine Grundlagen einer Theorie der Gestalt von Flüssigkeiten im Zustand des Gleichgewichts. (Geschrieben 1829, abgedruckt in den Commentationes societatis regiae scientiarum Gottingensis recentiores Vol. VII. 1830.) Übersetzt von Rudolf H. Weber. Herausgegeben von H. Weber. Mit 1 Figur im Text. (73 S.) ℳ 1.20.

» 136. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1843 u. 1846.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. XVIII. und XIX. Reihe. Mit 11 Fig. im Text. (58 S.) ℳ 1.20.

» 137. **August Horstmann,** Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. Herausgegeben von I. H. van't Hoff. Mit 4 Figuren im Text. (72 S.) ℳ 1.20.

» 138. **Christiaan Huygens'** nachgelassene Abhandlungen: Über die Bewegung der Körper durch den Stoss. Über die Centrifugalkraft. Herausgegeben von Felix Hausdorff. Mit 49 Figuren im Text. (79 S.) ℳ 1.40.

» 140. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1846, 1849 u. 1850. Herausgegeben von A. J. von Oetti[illegible] Mit 11 Figuren im Text. (174 S.) ℳ [illegible]

